

Kostnadsanalys av ekologisk kompensation – en studie av förflyttning av död ved vid Aitikgruvan

*Cost analysis of ecological compensation - a study of the
relocation of dead wood at the Aitik mine*

Malin Söderlind



Examensarbete • 30 hp

Jägmästarprogrammet

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, 2018:12

Umeå 2018

Kostnadsanalys av ekologisk kompensation – en studie av förflyttning av död ved vid Aitikgruvan

Cost analysis of ecological compensation - a study of the relocation of dead wood at the Aitik mine

Malin Söderlind

Handledare: Ola Lindroos, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Examinator: Tomas Nordfjell, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Omfattning: 30 hp
Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A2E
Kurstitel: Master thesis in Forest Management at the Department of Forest Biomaterials and Technology
Kursansvarig inst.: Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Kurskod: EX0832
Program/utbildning: Jägmästarprogrammet

Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2018
Omslagsbild: Jean-Michel Roberge, 2017
Serietitel: Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Delnummer i serien: 2018:12
Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Arbetsmetodik, tidsåtgång, produktivitet, känslighetsanalys, Komatsu 865, Scania R440, Terri ATD

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Sammanfattning

Biologisk mångfald är viktig för att upprätthålla funktionella ekosystem. Ekologisk kompensation är en ny metod som används för att stoppa nettoförlusten av biologisk mångfald och försämring av ekosystemtjänster.

Boliden planerar att utöka sandmagasinet vid Aitikgruvan i Gällivare vilket innebär att ett område med mycket höga naturvärden måste avverkas. Boliden har av mark- och miljödomstolen blivit ålagd att kompensera detta genom ekologisk kompensation. Därför genomfördes en storskalig flytt av död ved där ett forskningsförsök var involverat för att utvärdera de kortsiktiga och långsiktiga ekologiska effekterna.

En fältstudie genomfördes under flytten med syfte att beskriva arbetsmetodiken, hitta påverkande variabler på tidsåtgången och dokumentera erfarenheter från de som utfört arbetet, för att efteråt kunna genomföra en kostnadsanalys. Data samlades in genom tidsstudier av maskinarbetet, samt genom observationer och intervjuer. Under tidsstudierna studerades totalt 48 skotnings- och lastbillass.

Oberoende av vilket maskinarbete (utskotning, lastbilstransport eller inskotning) som utfördes påverkades tidsåtgången av samma variabler. För arbetsmomenten körning tom och körning fullastad påverkades tidsåtgången av transportsträckans längd. För arbetsmomenten lastning och lossning påverkades tidsåtgången till största delen av laststorleken. Stockarnas nedbrytningsgrad påverkade inte märkbart tidsåtgången för någon av arbetets faser.

Arbetsmetodiken fungerade bra men några förbättringsmöjligheter identifierades. Ett exempel var bättre planering av avläggen för att effektivisera lastning och lossning. Till exempel att alla stockar av samma sortiment placeras på samma plats samt att de sortiment som ska lastas underst på lastbilen placeras först på avlägget.

Kostnaden per flyttad och utlagd stock blev 813 kr. Om forskningsdelen exkluderades, förbättringsförslagen anammades och arbetet trimmades in uppskattades kostnaden hamna på ca 397 kr/stock. Denna studie ger underlag för kostnadsberäkning och effektivt genomförande av framtida ekologiska kompensationsprojekt.

Nyckelords: Arbetsmetodik, tidsåtgång, produktivitet, känslighetsanalys, Komatsu 865, Scania R440, Terri ATD

Abstract

Biodiversity is essential for maintaining functional ecosystems. Ecological compensation is a new method which is used to stop the net loss of biodiversity and degradation of ecosystem services.

Boliden plan to expand the sand magazine at the Aitik mine in Gällivare, which means that an area with very high natural values must be removed. Boliden has been ordered by the Land and Environmental Court to compensate this through ecological compensation. Therefore, a large-scale relocation of dead wood was conducted including a research project to evaluate the short-term and long-term ecological effects.

A field study was conducted during to the relocation of dead wood, with the aim to describe the work methodology, to find variables influential for the time consumption, to document experiences from the workforce, and to perform cost analysis. Data was collected through observations and interview and through time studies for those tasks that included machine work. During the time studies, a total of 48 forwarder and truck loads were studied.

Irrespective of what kind of machine work done (extracting logs to roadside, transporting logs on roads, or transporting logs out to the forest), there was a common pattern in the time consumptions. The time consumption for the work elements driving empty and driving fully loaded was affected by the transported distance. Looking at the work elements loading and unloading, the time consumption was affected by the load size. The degradation degree of the logs did not significantly affect the time consumption.

The work methodology worked well but there were some suggestions for improvement. One example was better planning of the roadside landing to improve the work elements loading and unloading. For example should all logs of the same assortment be placed at the same location at the landing and the assortments that must be loaded at the bottom of the truck should be placed in the beginning of the landing.

The cost per relocated log was 813 SEK. With the research related part removed, the suggested improvements applied and if the work was streamlined, the cost was estimated to be approximately 397 SEK/ log. This study provides a basis for cost calculation and effective implementation of future ecological compensation projects.

Keywords: Work methodology, Time consumption, Productivity, Sensitivity analysis, Komatsu 865, Scania R440, Terri ATD

Förord

Denna studie genomfördes som ett examensarbete inom Jägmästarprogrammet och omfattar 30 högskolepoäng. Studien har utförts vid institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi (SBT) vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Umeå. Studien har varit intressant, lärorik och rolig att utföra, och det finns många personer att tacka för att det har varit möjligt att genomföra.

Jag vill först och främst tacka min handledare Ola Lindroos på SLU som ställt upp och hjälpt mig under hela arbetets gång. På Boliden vill jag rikta ett stort tack till Erika Bergmark för all hjälp och stöd under datainsamlingen, men även till Anders Forsgren och Sofia Lindmark Burck för att jag fått göra denna studie och för hjälpen med inpasseringen till Aitikgruvan. Jag vill även tacka alla arbetsutövare för att jag fått följa med er under arbetet och för att ni ställde upp på intervjuer samt övriga medarbetare på Boliden, Sveaskog och SLU som tagit fram material till studien, bland annat Jakob Bjerner, Jean-Michel Roberge och Joakim Hjältén. Stort och hjärtligt tack till alla som gjort denna studie möjlig.

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	7
1.1	Biologisk mångfald	7
1.2	Naturvårdens historia i Sverige	7
1.3	Gruvnäringen	8
1.4	Boliden AB och Aitikgruvan	9
1.5	Ekologisk kompensation	9
1.6	Tidigare kompensationsprojekt	10
1.7	Tidigare forskning om ekologisk kompensation	10
1.8	Boliden AB:s kompensationsprojekt	11
1.9	Pågående forskningsförsök om ekologisk kompensation	11
1.10	Syfte	12
2	Material & metoder	13
2.1	Arbetsfaser vid flytt av död ved	13
2.2	Insamling av data	14
2.3	Maskiner	15
2.4	Försöksytor	15
2.5	Tidsstudie	17
2.6	Arbetsutförare	18
2.7	Intervjuer	18
2.8	Beräkningar och analyser	19
3	Resultat	22
3.1	Arbetsmetodik	22
3.1.1	Identifiering av områden	22
3.1.2	Identifiering av substrat	23
3.1.3	Avverkning och märkning av stockar	24
3.1.4	Utskotning	27
3.1.5	Lastbilstransport	28
3.1.6	Inskotning	29
3.2	Tidsstudie	30
3.2.1	Laststorlek, transportavstånd och krancykler	30
3.2.2	Utskotningen	32
3.2.3	Tidsåtgång enskilda arbetsmoment	39
3.2.4	Sortiment	40

3.3	Kostnader	42
3.4	Känslighetsanalyser	43
3.4.1	Förbättringspotentialer	43
3.4.2	Skotnings- och vägtransportsavståndens inverkan	44
3.4.3	Skotnings- och vägtransportsavståndens kombinerade inverkan	46
3.5	Intervjuresultaten	48
4	Diskussion	50
4.1	Resultatdiskussion	50
4.1.1	Arbetsmetodiken	50
4.1.2	Tidsstudierna	50
4.1.3	Kostnader och känslighetsanalyser	54
4.2	Framtida tillämpning	56
4.3	För- och nackdelar med studiemetodiken	57
4.4	Behov av fortsatta studier	58
4.5	Slutsatser	59
	Referenslista	60
	Personlig kommunikation	65
	Bilagor	66
	Bilaga 1 Instruktion för identifiering samt flytt av vedsubstrat från påverkansområdet i Aitik till kompensationsområdet i Sarkanenä	66
	Bilaga 2. Intervjuresultaten	71

1 Bakgrund

1.1 Biologisk mångfald

Funktionella ekosystem är i behov av biologisk mångfald för att ha god motståndskraft mot negativa förändringar (United Nations, 1995; Bengtsson m.fl., 2002; European Environment Agency, 2006; Rockström m.fl., 2009; Forsberg, 2012). Människligheten är beroende av olika ekosystem och dess tjänster som i sin tur är beroende av biologisk mångfald. Ekosystemtjänster innebär ekosystems indirekta och direkta påverkan till människors välbefinnande. Det innefattar arter, funktioner och processer som den biologiska mångfalden medför som t.ex. livsmedel, rekreation, biologiska bekämpningsmedel, klimatreglering, naturlig vattenreglering m.m. (Naturvårdsverket, 2016c). Ekosystemtjänster delas ofta in i tre kategorier: bärande och reglerande tjänster; producerande tjänster, och; kulturella tjänster. Bärande och reglerande tjänster är saker som gör liv på jorden möjligt som bland annat fotosyntes, jordproduktion, kretslopp av näringsämnen, pollinering, vattenreglering, klimatreglering m.m. Producerande tjänster är bland annat mat, bränsle, fibrer m.m. vilket gör människan beroende av den biologiska mångfalden. Kulturella tjänster är mer ogripbara som bland annat rekreation i naturen, ekoturism, kulturarvsvärden m.m. (Marissink, 2008).

1.2 Naturvårdens historia i Sverige

Sveriges förståelse, förhållningssätt och inställning till naturvård har förändrats mycket det senaste århundradet. I början av 1900-talet intensifierades skogsbruket, vilket gjorde att naturliga störningar minskade och skogarna blev mer homogena. Det innebar att de naturliga förutsättningarna för biologisk mångfald försämrades (Weslien & Widenfalk, 2014). I mitten av 1900-talet blev det mer produktionsinriktade trakthyggesbruket den vanligaste skogskötselmetoden i Sverige (Albrektson

m.fl., 2012), vilket medförde att andelen av framförallt grövre dimensioner lövträd och död ved minskade (Naturvårdsverket, 2016b).

Det var på 1960-talet som det moderna svenska naturvårdsarbetet etablerades och Naturvårdsverket bildades (Lothigius, 2006). Där grundades idéer om naturskydd och naturvårdande skötsel (Wramner & Nygård, 2010). Under 1980-talet grundades begreppet biologisk mångfald (Weslien & Widenfalk, 2014) och naturvården fick allt större betydelse. Ett konkret exempel på detta är att den storskaliga kemiska bekämpningen av lövträd förbjöds (Wramner & Nygård, 2010). Under 1990-talet tog arbetet med den biologiska mångfalden fart, bland annat bildades artdatabanken (Lothigius, 2006), Sverige skrev på FN-konventionen om biologisk mångfald (Naturvårdsverket, 2016a) och det infördes certifiering enligt FSC och PEFC (PEFC, 2013). Att produktionsmål och miljömål skulle jämföras beslutades år 1993, vilket satte krav på naturhänsyn vid avverkning (Kjellin, 2001). År 2010 fastställdes Nagoya-planen (som är ett av de två protokollen i FN-konventionen) om att bevara biologisk mångfald och ekosystemtjänster. Planen innebär att år 2020 ska alla länder som skrivit under uppfyllt de 20 målen planen innefattar (Naturvårdsverket, 2016a). I dagsläget arbetar man mycket med naturvård och miljö kvalitetsmål på strategisk, taktisk och operativ nivå. Det finns implementerat i skogsvårdslagen och miljöbalken i olika former, bland annat formellt skydd t.ex. naturreservat, generell hänsyn vid skogsbruk och frivilliga avsättningar. Ett nytt och lovande, men obeprövat, sätt att undvika förluster av biologisk mångfald och ekosystemtjänster har växt fram de senaste åren, så kallad ekologisk kompensation (Henriksson, 2016).

1.3 Gruvnäringen

Metaller har en central roll i samhällsutvecklingen, vilket leder till att världsmarknadens efterfrågan av metaller konstant ökar. Vidare ökar gruvindustrin i Sverige och den internationella produktionen av metaller. Idag är Sverige EUs viktigaste metallproducent och prognoserna tyder på att det kommer fortsätta vara så även i framtiden. Detta eftersom Sverige tillsammans med Finland och Norge är de länder i Europa som är mest lovande för att hitta nya mineral- och malmförekomster (Alakangas m.fl., 2014).

Större delen av gruvorna i Sverige finns i de tre malmregionerna; Norrbotten, Skellefteåfälten och Bergslagen. I Sverige finns det 16 gruvor som tillsammans producerar 72 miljoner ton malm årligen (Sveriges geologiska undersökning, 2016). Detta gör Sverige till en av EUs ledande malm- och metallproducenter (Sveriges geologiska undersökning, 2017). Sverige tar fram 91 % av all järnmalm, 39 % av allt bly,

37 % av allt zink, 24 % av allt guld och 9 % av all koppar som produceras inom EU (Svensk gruvnäring, 2014). Exporten är en viktig del i den svenska ekonomin eftersom den bidrar till att Sveriges ekonomi ökar. Gruv- och mineralnäringen tillsammans med stålindustrin står för 10 % av den Svenska bruttoexporten, om de industrinära tjänsterna räknas med står de för hela 77 % av bruttoexporten (Svensk gruvnäring, 2014). Gruv- och mineralnäringen i Sverige skapar drygt 40 000 arbetstillfällen (Svensk gruvnäring, 2014).

1.4 Boliden AB och Aitikgruvan

Boliden AB är Sveriges största privatägda gruvbolag som grundades 1924 i norra Västerbotten. Boliden AB är ett metallföretag som främst är inriktat på de första stegen i förädlingskedjan av metaller med sina 6 gruvor och 5 smältverk. Bolidens huvudprodukter är koppar och zink men de bryter även guld, silver, nickel och bly (Sveriges Geologiska undersökning, 2016; Boliden AB, 2017a). En av Bolidens sex gruvor är Aitikgruvan som grundades 1968 (Boliden AB, 2017b) och är belägen ungefär 15 kilometer sydost om Gällivare i Norrbotten (Nationalencyklopedin, 2017). Aitikgruvan är Sveriges största koppardagbrott. Gruvan är 450 meter djup och där bryts dygnet runt kopparkis som innehåller koppar, silver och guld (Boliden AB, 2017b). Aitikgruvan är den största privata arbetsgivaren i Gällivare kommun med sina 650 anställda (Boliden AB, 2017b).

1.5 Ekologisk kompensation

Ekologisk kompensation är ett relativt nytt begrepp och innebär att den som förstör eller skadar naturvärden (t.ex. naturtyper, arter, upplevelsevärden och ekosystemfunktioner) ska kompensera genom att återskapa nya eller skydda befintliga naturvärden i andra områden (Wåhlstedt, 2017). Några exempel på kompensationsåtgärder är naturvårdsinriktad skötsel, nyskapande av livsmiljöer, ekologisk restaurering eller skydd av områden (Naturvårdsverket, 2016c). Idén med ekologisk kompensation är att stoppa nettoförlusten av biologisk mångfald och försämring av ekosystemtjänster (Skogsällskapet, 2017). I Sverige används något som kallas direktkompensation som innebär att de som skadat naturvärden så snart som möjligt skapar nya eller förstärker befintliga naturvärden i närheten av exploateringsplatsen. I andra delar av världen används något som kallas habitatbanker vilket innebär att en markägare kan skapa naturvärden och sälja dessa till dem som har exploaterat områden med höga naturvärden (Wåhlstedt, 2017).

Tillståndsmyndigheterna i Sverige kan ställa krav på aktörer som förstör naturvärden att tillämpa ekologisk kompensation med stöd av miljöbalken t.ex. vid gruvetablering, väg- och järnvägskonstruktioner och exploatering för bebyggelse (Von Essen, 2015b). Det finns dock en oro för att ekologisk kompensation kommer att göra det möjligt att förstöra naturvärden vid exploatering utan konsekvenser (Von Essen, 2015a). Därför används något som kallas ”skadelindringshierarkin” som innebär att i första hand ska ett exploateringsprojekt undvika att skada naturvärden. Om det inte går ska skadelindrande åtgärder vidtas, om skadorna ändå har blivit för stora ska restaureringsåtgärder vidtas och om det ändå blir förlust av biologisk mångfald ska ekologisk kompensation tillämpas (Wählstedt, 2017).

1.6 Tidigare kompensationsprojekt

I Sverige har det beslutats 1137 gånger om krav på ekologisk kompensation med stöd av miljöbalken (Naturvårdsverket, 2015). Ingen av dessa beslut har handlat om att storskaligt flytta naturvärden, utan många har handlat om att ersätta alléträd, restaurera vattenmiljöer, flytta på stenmurar, röse, åkerholmar m.m. I Sverige har det genomförts mycket ekologisk kompensation på artnivå och då genom att flytta arter till nya växtplatser (Naturvårdsverket, 2015) t.ex. revlummer (Franc, 2014), och restaurationer/ återskapande av livsmiljöer för bland annat mindre hackspett och grod- och kräldjur (Von Essen, 2015a; Von Essen, 2016). För skyddade områden d.v.s. naturreservat, nationalparker, naturminnen och natura 2000-områden fanns det endast 52 ärenden som krävde ekologisk kompensation (Naturvårdsverket, 2015). Av de 52 ärendena var det bara 44 % som handlade om att kompensera naturvärden, medan resterande beslut handlade om rekreationsvärden och tillgänglighet (Naturvårdsverket, 2015).

1.7 Tidigare forskning om ekologisk kompensation

Eftersom ekologisk kompensation är nytt har det inte hunnit genomföras någon omfattande forskning kring ämnet och speciellt inte i våra svenska boreala skogar. Internationella studier kring ekologisk kompensation handlar generellt sett om reglerande ekosystemtjänster i Kina, anläggning av trädbärande våtmarker i USA och återbeskogning i tropikerna (Roberge, 2017). Det är egentligen bara en studie utförd i boreala skogar kopplat till död ved (Ranius m.fl., 2014). Den studien handlade dock inte om att flytta de höga naturvärdena till en annan plats, utan om att försöka återskapa de höga naturvärdena på samma hygge.

1.8 Boliden AB:s kompensationsprojekt

Det transporteras dagligen 50 000 ton av restprodukten anrikningssand från anrikningsverket till sandmagasinet vid Aitikgruvan i Gällivare. Därför planerar Boliden AB att utöka sandmagasinet vilket innebär att cirka 170 hektar skogsmark med mycket höga eller höga naturvärden behöver huggas ner. I januari 2013 påbörjades en utredning om det skulle vara möjligt att kompensera för de naturvärden som bedömdes påverkas av utökningen. Mark- och miljödomstolen beslutade i en deldom i oktober 2014 att Boliden ska utföra kompensationsåtgärder för den förlust av naturvärden och skyddsvärda arter som expansionen kommer att medföra. Sedan november 2014 har fortlöpande arbete med att ta fram åtgärdsförslag och avgränsa kompensationsområdet bedrivits i samarbete med Länsstyrelsen i Norrbotten, vilket har varit en lång och utdragen process. Det övergripande målet för kompensationsåtgärder är att återskapa naturskogsliknande förhållanden med hög habitatkvalitet och goda livsförutsättningar för rödlistade arter som har hittats i påverkansområdet. För att uppnå detta mål kommer det att skapas och flyttas död ved till kompensationsområdet Sarkanenä som är beläget 5 kilometer västsydväst om påverkansområdet. Det kommer att utföras naturvårdsbränningar, gamla tallar och lövträd kommer att friställas och åtgärder som gynnar fåglarna kommer att genomföras t.ex. uppsättning av fågelholkar och bygga plattformar för risbon (Forsberg m.fl., 2016).

1.9 Pågående forskningsförsök om ekologisk kompensation

Forskare vid SLU har planerat ett storskaligt försök i samband med flytten av död ved för att studera de kortsiktiga och långsiktiga ekologiska effekterna. För att genomföra forskningsprojektet sattes det upp restriktioner för Boliden AB:s kompensationsprojekt.

I första delen av forskningsförsöket identifierades 32 lämpliga ytor med en diameter på 50 meter inom kompensationsområdet Sarkanenä där den döda veden skulle placeras ut (figur 1). Forskarna vid SLU valde slumpmässigt ut 10 ytor till kontroll- ytor, 10 ytor med utläggningsnivå 1 (mindre död ved, ca 25-30 fastkubikmeter (m³f) per ha) och 10 ytor med utläggningsnivå 2 (mer död ved, ca 80-90 m³f/ha). Åtta olika sortiment skulle flyttas, fyra av tall och fyra av gran i olika nedbrytningsstadier och i specifika längd- och diameterklasser (bilaga 1). I ytorna med utläggningsnivå 1 skulle två stockar av varje sortiment placeras och i ytorna med utläggningsnivå 2 skulle sex stockar av varje sortiment placeras. Det skulle flyttas 80 stycken stockar av varje sortiment d.v.s. totalt 640 stycken stockar (bilaga 1)



Figur 1. Karta över kompensationsområdet Sarkanenä med de 32 inventerade utläggningsytorna.
Figure 1. Map of the Sarkanenä compensation area with the 32 inventoried areas.

De ovanstående förutsättningarna var bestämda av forskare vid SLU redan innan detta examensarbete påbörjades men exakt hur detta skulle genomföras praktiskt var inte bestämt. Avsaknaden av tidigare kunskap om storskalig flytt av död ved innebär dock att det finns begränsad information om hur framgångsrik kompensationsprojektet kan tänkas bli. Det betyder även att det saknas kunskap och praktisk erfarenhet om vilken som är den bästa arbetsmetoden, hur mycket denna typ av ekologisk kompensation kostar, samt vilka delar som kostar mest eller vad som kan/bör utvecklas (Forsberg m.fl., 2016). Att ha tillgång till sådan kunskap skulle vara värdefullt, eftersom mycket tyder på att ekologisk kompensation kommer att bli vanligare i framtiden (Bjerner, 2017).

1.10 Syfte

Syftet med examensarbetet är att för flytt av död ved vid Aitikgruvans ekologiska kompensationsprojektet:

- 1) Beskriva arbetsmetodiken för det faktiska arbetet med att flytta död ved.
- 2) Beräkna och analysera olika variablers påverkan på arbetets tidsåtgång och därmed kostnaden.
- 3) Beräkna både den totala kostnaden och kostnaden per flyttat stock.
- 4) Dokumentera erfarenheterna från personer i de olika delarna av flyttarbetet, med avseende på deras upplevelser, åsikter och tankar om det utförda arbetet, och förbättringsförslag för framtida genomföranden av liknande projekt.

2 Material & metoder

2.1 Arbetsfaser vid flytt av död ved

Flytten av död ved bestod av sju arbetsfaser. Den första arbetsfasen var att kompensationsområdet inventerades och områden valdes där den döda veden sedan placerades ut. Denna arbetsfas kommer i den fortsatta redovisningen benämnas identifiering av områden. Den andra arbetsfasen var att påverkansområdet inventerades och kvalitativa substrat av lågor, naturvärdesträd och torrakor valdes ut och märktes med snitselband. Denna arbetsfas kommer i den fortsatta redovisningen benämnas identifiering av substrat. Den tredje arbetsfasen var att substraten avverkades och apterades. Denna arbetsfas kommer i den fortsatta redovisningen benämnas avverkning. Den fjärde arbetsfasen var att de avverkade och apterade stockarna märktes. Denna arbetsfas kommer i den fortsatta redovisningen benämnas märkning av stockar. Den femte arbetsfasen var att de märkta stockarna skotades ut från påverkansområdet. Denna arbetsfas kommer i den fortsatta redovisningen benämnas utskotning. Den sjätte arbetsfasen var att de utskotade stockarna transporterades med lastbil från påverkansområdet till kompensationsområdet. Denna arbetsfas kommer i den fortsatta redovisningen benämnas lastbilstransport. Den sjunde arbetsfasen var att de transporterade stockarna skotades in i kompensationsområdet. Denna arbetsfas kommer i den fortsatta redovisningen benämnas inskotning (figur 2).



Figur 2. Turordningen av de olika arbetsfaserna i kompensationsprojektet.

Figure 2. The order of the various work phases in the compensation project.

Ett ”normalt” kompensationsprojekt utan forskning skulle utföras på liknande sätt som i denna studie men under mindre uppstyra former. Den enda arbetsfasen som var direkt kopplat till forskningsprojektet som utfördes av forskare på SLU var märkning av stockar. Bara delar av de andra arbetsfaserna påverkades av forskningsprojektet t.ex. utläggningen av stockarna vid inskotningen i kompensationsområdet, längd- och diameterkraven vid avverkning och aptering av stockarna m.m (bilaga 1).

2.2 Insamling av data

Datainsamlingen till denna studie var i form av tidsstudier och observationer av utfört arbete samt semistrukturerade intervjuer med arbetsutförare. Identifiering av områden och identifiering av substrat var redan utförda när denna studie påbörjades vilket gjorde att information om dessa moment samlades in via semistrukturerade intervjuer. Identifiering av områden genomfördes i mitten av juni 2016 under sju arbetsdagar (denna studie har genomgående använt 8 timmars arbetsdagar). Identifiering av substrat genomfördes i augusti 2017 under 11 arbetsdagar och två timmar. Avverkning och märkning av stockarna påbörjades måndag den 2 oktober och utfördes under 15 arbetsdagar. Information om dessa samlades in via observationer och semistrukturerade intervjuer. Utskotning påbörjades den 16 oktober och utfördes under sex arbetsdagar. Lastbilstransporten påbörjades den 19 oktober och utfördes under tre arbetsdagar. Inskotningen påbörjades den 23 oktober och utfördes under 15 arbetsdagar. Information om dessa samlades in via tidsstudier, observationer och semistrukturerade intervjuer.

Avverkningen och märkningen av stockarna observerades den 2-3 oktober 2017 i dagsljus vid en medeltemperatur på 6 plusgrader med regnskurar. Tidsstudien utfördes mellan den 16 oktober och den 27 oktober 2017. Utskotningen studerades mellan den 16-18 oktober samt halva dagen den 20 oktober i dagsljus vid en medeltemperatur på 0 grader med varierande väderlek, allt från regn, strålande sol till snöfall. Lastbilstransporten studerades den 19 och 23 oktober samt halva 24 oktober i dagsljus vid en medeltemperatur på 6 minusgrader med växlande molnighet. Inskotningen studerades mellan den 25-27 oktober i dagsljus vid en medeltemperatur på 2 minusgrader med snöskurar.

Ett stickprov av stockarna längdmättes och stockarnas mittdiameter klavades parallellt med observationerna den 2-3 oktober samt på eftermiddagen den 24 oktober på avlägg i dagsljus. För att mäta och anteckna dessa värden användes måttband, klave, papper och penna.

2.3 Maskiner

Flytten av död ved genomfördes med hjälp av två skotare och en självlastande timmerbil. Vid utskotningen användes en mellanskotare av modellen Komatsu 865 med höj- och breddbara virkesbankar (Komatsu forest AB, 2017) som vid studietillfället arbetat 10823 arbetstimmar. Vid lastbilstransporterna användes en självlastande timmerbil av modellen Scania R440 (Scania, 2017) som vid studietillfället kört 85 000 mil. Vid inskotningen användes en liten skotare av modellen Terri ATD (THT, 1997) som vid studietillfället arbetat 4000 arbetstimmar (tabell 1). Motorsågarna som användes vid avverkningen var av modellen Husqvarna 550XPG med 45,72 cm (18 tum) svärd.

Tabell 1. Studerade maskiner

Table 1. Studied machines

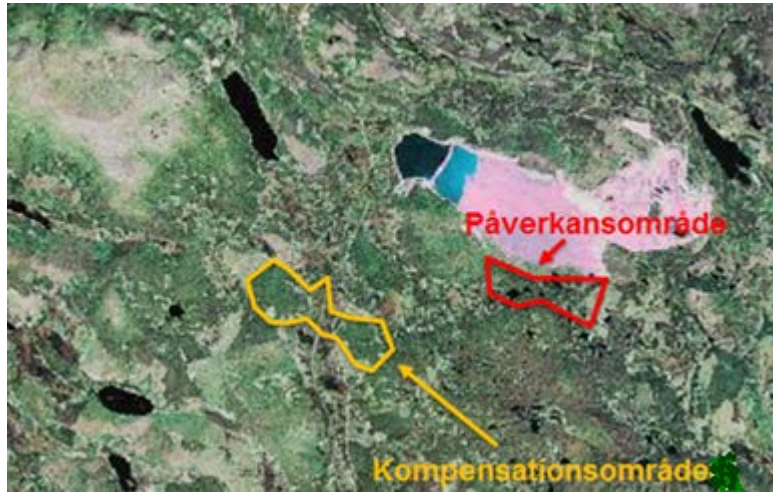
	Utskotning	Lastbilstransport	Inskotning
Typ	Skotare	Självlastande timmerbil	Skotare
Modell	Komatsu 865	Scania R440	Terri ATD
Årsmodell	2013	2012	2001 ^{a)}
Tjänstevikt (ton)	18	19,6	3
Bredd (m)	3,2 ^{b)}	2,6	1,8
Längd (m)	10	22	6,5- 7,1
Lastkapacitet (m ³ f)	15	50	4
Hjul/ Hjul med boggiband	Hjul med boggiband	Hjul	Hjul med boggiband
Kranmodell	CRF 11c ^{c)}	V13 ^{d)}	Mowi 2046
Kranräckvidd (m)	12	8	4,6
Gripöppning (cm)	91,44	-	-

^{a)}Togs i bruk 2003. ^{b)}Utan bredningsstolpar (4 m med bredningsstolpar). ^{c)}Med dubbla utskjut. ^{d)}Med enkelt utskjut.

2.4 Försöksytor

Studien genomfördes på två områden ägda av Boliden, Sveaskog och Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) belägna vid Aitikgruvan i Gällivare, Norrbottens län. Påverkansområdet ligger vid Aitikgruvans södra utkant, koordinater i SWEREF 99 TM

(nord, öst) 7450511, 752306. Kompensationsområdet Sarkanenä är beläget 5 kilometer västsydväst om påverkansområdet, koordinater i SWEREF 99 TM (nord, öst) 7447875, 746974 (figur 3).



Figur 3. Översiktskarta för påverkansområdet och kompensationsområdet Sarkanenä.

Figure 3. Overview of the impact area and the compensation area Sarkanenä.

Påverkansområdet ägs av Boliden och ligger ca 420 meter över havet. Området var ca 376 hektar stort varav 130 hektar var skogsmark med mycket höga naturvärden, 37 hektar skogsmark med höga naturvärden, 65 hektar tjärnar och myrmarker och 144 hektar var öppen mark och yngre skog. Det var bara det tre förstnämnda som utgjorde underlaget för kompensationen. Påverkansområdet kännetecknades av lövrika äldre barrblandskogar, åsar med grovvuxen gammal tall och granskogar i sen succession. Området har utvecklats fritt med naturliga processer som t.ex. brand, vind och snö. Området har bara påverkats i liten utsträckning av plockhuggning. Det finns god tillgång på död ved av olika kvaliteter i området av både stående och lig-gande döda träd. Det identifierades 20 olika rödlistade arter och signalarter av svam-par, lavar och växter i påverkansområdet som bland annat ostticka, lappticka skro-vellav m.m. (Forsberg m.fl., 2016).

Kompensationsområdet Sarkanenä ligger ca 400 meter över havet och ägs av både Sveaskog som äger 275 hektar och Sveriges lantbruksuniversitet som äger 122 hek-tar. Sarkanenä består av 305 hektar skogsmark (varav 192 hektar var med höga na-turvärden) och 92 hektar våtmarker. Kompensationsområdet kännetecknades av stora sammanhängande områden av lövrik självföryngrad barrblandskog och av äldre skog i myrlandskap som bitvis har påverkats av dimensionshuggning. Trots

att större delen av området aldrig har kalavverkats saknas det viktiga naturskogsstrukturer, främst död ved. Det identifierades 11 olika rödlistade arter och signalarter av svampar och lavar i kompensationsområdet som bland annat rosenticka, stuplav, lappticka m.m. (Forsberg m.fl., 2016).

2.5 Tidsstudie

Tidsstudierna hade karaktären av sambandsstudier men var inte renodlade experimentella sambandsstudier, utan snarare tidsstudier av ordinarie arbete med vissa stödmätningar av påverkansvariabler (Magagnotti och Spinelli, 2012; Lindroos, 2017). Instruktionen till maskinförarna innan tidsstudierna var att de skulle köra som vanligt och att det inte var någon tidspress. Enda restriktionen var att de skulle vara försiktig med stockarna. Arbetsmomentindelningen för arbetsfaserna utskotning, lastbilstransport och inskotning delades upp för att isolera påverkansfaktorer (tabell 2). I samband med tidsstudien registrerades (per lass) stäcka, laststorlek (antal stockar), sortimentsfördelning, antal krancykler vid lastning och lossning. Vid lastbilstransporten och inskotningen registrerades lastningstiden per sortiment.

Tidsstudierna av utskotningen och lastbilstransporten genomfördes av en tidsstudieman som åkte med i hytten. Tidsstudierna av inskotningen genomfördes av en tidsstudieman som gick efter skotaren. Vid utförandet av tidsstudierna användes ett stoppur, en hand GPS, papper och penna.

Tabell 2. Arbetsmomentindelning med angiven definition och momentgränser, för alla arbetsfaser som involverar maskinarbete

Table 2. Definition of work elements, common for all work phases involving machine work

Arbetsmoment	Definition och momentgränser
Lastning	Från att första stocken greppas med gripen till att den sista stocken har lagts på lastutrymmet
Körning fullastad	Från att den sista stocken har lagts på lastutrymmet till första stocken greppas med gripen för avlastning
Lossning	Från första stocken greppas med gripen för avlastning till att den sista stocken har lagts ner på marken
Körning tom	Från att den sista stocken har lagts ner på marken till första stocken greppas med gripen för lastning
Avbrott	Störningar som inte ingår i verktiden (telefonsamtal, maskinfel mm)
Övrig tid	Händelser som inte kan placeras in på något av de ovanstående arbetsmomenten

2.6 Arbetsutförare

De sju arbetsfaserna utfördes av sammanlagt två naturvärdeskonsulter, två skogsarbetare och fem maskinförare. Naturvärdeskonsulterna var involverade i fyra av de sju arbetsfaserna, då de utförde identifiering av områden, identifiering av substrat, märkning av stockar och följde med vid inskotningen. Naturvärdeskonsulterna hade en 4-årig biologisk- geovetenskaplig universitetsutbildning och har arbetat med bland annat naturvårdessinventeringar i tio år. Naturvärdeskonsulterna var tidigare anställd som naturvårdessinventerare åt olika bolag men startade för tre år sedan ett eget företag och anlitas nu mer som entreprenörer. Avverkningen utfördes av två skogsarbetare som arbetat med motormanuell trädfällning i 30 respektive 26 år. Utskotningen utfördes av en person som hade kört skotare i 18 år. Lastbilstransporten utfördes av två personer som kört självlastande timmerbil i 31 respektive 18 år. Inskotningen utfördes av två personer som kört liten skotare i 5 respektive 3 år, men under dessa år har deras huvudsysselsättning inte varit att köra skogsmaskin. Den lilla skotaren har använts till egen skog och tillfälliga jobb för bland annat Vattenfall och kommunala uppdrag. Alla involverade personer bedömdes som duktiga.

2.7 Intervjuer

Semistrukturerade intervjuer utfördes med en person från varje arbetsfas. Semistrukturerade intervjuer har låg standardisering och ostrukturerade frågor. Den intervjumetodiken valdes för att det tillåter den som intervjuas att till viss del styra hur intervjun fortlöper samt att det inte finns några svarsalternativ utan att respondenten får helt öppet svara på frågorna (Lantz 1993; Torst 2010). Intervjuerna spelades inte in utan det fördes anteckningar under intervjuerna, detta gjordes för att minimera efterarbetet med intervjuerna eftersom de inte var huvudfokuset i denna studie.

Frågorna som ställdes under intervjuerna var:

- Hur har du upplevt arbetet med ekologisk kompensation?
- Vad har varit annorlunda jämfört med ditt vanliga arbete? Arbetsmetoder, tidsåtgång m.m.
- Vilket arbetsmoment har tagit mest tid?
- Vad har fungerat bra och vad har fungerat mindre bra under hela arbetet? Informationskedjan, arbetsmetodiken m.m.
- Vad finns det för förbättringspotentialer till framtida kompensationsprojekt? / vilka saker kan och bör utvecklas till framtida kompensationsprojekt?
- Hur många timmar arbetade ni totalt och vilken timlön erhöll ni för det?

- Hur lång tid tog det att lägga ut den döda veden när du fick lägga ut den som du ville uppskattningsvis?
- Vilken maskin använde du vid kompensationsprojektet? Märke, modell, kapacitet, bredd, motor, special funktioner m.m.

2.8 Beräkningar och analyser

Insamlad data bearbetades och analyserades i Microsoft Excel och statistikprogrammet Minitab 17. I Minitab gjordes regressionsanalyser och variansanalyser (ANOVA). Regressionsanalyser genomfördes för att analysera hur tidsåtgången för de olika arbetsmomenten (körning tom, lastning, körning fullastad, lossning) påverkades av transportavståndet och laststorleken vid arbetsfaserna utskotning, lastbilstransport och inskotning. Variansanalyser (ANOVA) genomfördes för att analysera hur de fixa variablerna trädslag, sortiment samt trädslag kombinerat med sortiment påverkade tidsåtgången vid lastning för lastbilstransporten och inskotningen. ANOVA-modellen analyserades genom en generell linjär modell (GLM) och skillnader mellan olika trädslag, sortiment och trädslag kombinerat med sortiment analyserades med hjälp av Tukey-test. Den justerade förklaringsgraden (R^2 -adj) och en gräns på 5 % för signifikanta skillnader ($p < 0,05$) har genomgående använts vid analyserna.

Beräkning av hastighet och produktivitet

Under tidsstudien registrerades tidsåtgången för de olika arbetsmomenten kontinuerligt i minuter och sekunder som sedan räknades om till timmar. Hastigheten per arbetsmoment beräknades genom att för varje lass dividera transportavståndet med tidsåtgången för respektive arbetsmoment. Därefter beräknades medelhastigheten per arbetsmoment som ett aritmetiskt medelvärde. Hastigheten per lass beräknades genom att för varje lass dividera det summerade transportavståndet för alla arbetsmoment med den summerade tidsåtgången för alla arbetsmoment. Därefter beräknades medelhastigheten per lass som ett aritmetiskt medelvärde.

Produktiviten per arbetsmoment beräknades genom att för varje lass dividera laststorleken (antal stockar) med tidsåtgången för respektive arbetsmoment. Därefter beräknades medelproduktiviteten per arbetsmoment som ett aritmetiskt medelvärde. Produktiviteten per lass beräknades genom att för varje lass dividera laststorleken med den summerade tidsåtgången för alla arbetsmomenten. Därefter beräknades medelproduktiviteten per lass som ett aritmetiskt medelvärde. Alla produktivitetsberäkningar i denna studie beräknades som objekt per produktiv arbetstimme d.v.s. med avbrott och övrig tid exkluderad.

Beräkning av tidsåtgång för enskilda arbetsmoment

Medeltidsåtgången för de olika arbetsmomenten beräknades som ett aritmetiskt medelvärde. Medeltidsåtgången per lass för de olika maskinerna beräknades som ett aritmetiskt medelvärde där den totala tidsåtgången per lass beräknades genom att summera tidsåtgången för alla arbetsmomenten samt avbrott och övrig tid. Arbetsmomentens andel av den totala tidsåtgången per lass beräknades genom att dividera tidsåtgången för arbetsmomentet med den totala tidsåtgången.

Beräkning av medelstocksvolymen

Stockvolymen räknades ut som en cylinder med formeln där $V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} * l$ där d står för stockens diameter vid halva stocklängden, och l står för längden på stocken (Formelsamlingen, 2017). Det antogs att stockarna hade jämn avsmalning. Medelstocksvolymen per sortiment beräknades som ett aritmetiskt medelvärde.

Beräkning av lastningstider per sortiment

Lastningstiden per sortiment och stock beräknades genom att för varje lass dividera tidsåtgången per sortiment vid lastningsarbetet med antalet stockar per sortiment som lastades. Medellastningstiden per sortiment och stock beräknades som ett aritmetiskt medelvärde.

Beräkning av laststorleken

Laststorleken (m3f) beräknades genom att för varje lass multiplicera antalet stockar av varje sortiment med den skattade medelstocksvolymen för respektive sortiment. Medellaststorleken (m3f) beräknades som ett aritmetiskt medelvärde. Genomsnittligt utnyttjad lastkapacitet beräknades genom att dividera medellaststorleken (m3f) för de olika maskinerna med respektive maskins maximala lastkapacitet.

Medellaststorleken (antal stockar) och medeltransportavståndet beräknades som aritmetiska medelvärden. Antal stockar per krancykler vid lastning och lossning beräknades genom att för varje lass dividera antalet stockar med antalet krancykler per arbetsmoment. Medelantal stockar per krancykel vid lastning respektive lossning beräknades som ett aritmetiskt medelvärde.

Kostnadsberäkning

Alla som utfört någon arbetsfas i detta kompensationsprojekt har erhållit timlön. Den totala kostnaden för kompensationsprojektet beräknades genom att summera kostnaderna från varje delsteg enligt

$$K_{\text{Tot}} = K_{\text{IO}} + K_{\text{IS}} + K_{\text{A}} + K_{\text{M}} + K_{\text{SU}} + K_{\text{L}} + K_{\text{SI}} \quad (\text{Sek})[1]$$

Där KIO är totalkostnaden för identifiering av områden, KIS är totalkostnaden för identifiering av substrat, KA är totalkostnaden för avverkningen, KM är totalkostnaden för märkningen av stockarna, KSU är totalkostnaden för utskotningen, KL är totalkostnaden för lastbilstransporten och KSI är totalkostnaden för inskotningen. Totalkostnaden för KIO, KIS, KA, KM, KSU, KL och KSI beräknades enligt

$$K_x = k_x \times t_x \quad (\text{Sek}) [2]$$

Där k_x är timkostnaden för arbetsmoment x i kronor per timme (kr/tim) och t_x är tidsåtgången för att utföra arbetsmoment x i timmar.

Kostnaden per objekt (område/träd/stock) beräknades för respektive arbetsfas, genom att dividera utfallet från ekvation 2 med antalet objekt. För KIO beräknades kostnaden per område, per träd för KIS och för KA, KM, KSU, KL och KSI beräknades kostnaden per stock.

Känslighetsanalyser

Känslighetsanalyser genomfördes för att teoretisk undersöka hur skattade förbättringar av arbetet samt förändrade arbetsförhållanden skulle påverka kostnaden per stock. Det gjordes i tre potentiella förbättringsnivåer. I första potentiella förbättringsnivån exkluderades alla arbetsfaser/ tidsåtgång som var direkt kopplat till SLUs forskningsprojekt. Intentionen med den första potentiella förbättringsnivån var att visa vad ett ”normalt” kompensationsprojekt skulle kunna kosta utan forskningsrelaterade insatser. I den andra potentiella förbättringsnivån finslipades arbetsmetodiken i form av bättre planering vid avlägg, ingen överproduktion m.m. I den tredje potentiella förbättringsnivån ökades produktiviteten med 10 % för samtliga arbetsfaser. För de tre arbetsfaserna utskotning, lastbilstransport och inskotningen togs modeller fram över hur förändrad körsträcka påverkade kostnaden per stock, detta gjordes för alla de skattade förbättringsnivåerna. För den tredje potentiella förbättringsnivån togs en modell fram över hur förändrat transportavstånd kombinerat med förändrat skotningsavstånd påverkade kostnaden per stock. Detta gjordes för både utskotning kombinerat med lastbilstransporten samt för inskotningen kombinerat med lastbilstransporten.

3 Resultat

Den första delen av resultatdelen beskriver arbetsmetodiken som användes vid de olika arbetsfaserna. Därefter presenteras resultaten från tidsstudierna, följt av kostnadsberäkningarna, känslighetsanalyserna och sist intervjuresultaten.

3.1 Arbetsmetodik

Arbetsmetodiken för de olika momenten beskrivs nedan, tillsammans med de metoder som provades och vilka svårigheter som uppstod under arbetets gång. Stockarna har hanterats så varsamt som möjligt under alla arbetsfaser för att identifieringsanordningar skulle sitta kvar (d.v.s. ID brickan, snitselband m.m.), för att ta hänsyn till känsliga (hänsynskrävande) arter samt för att skada stockarna i minsta möjliga mån (bilaga 1).

3.1.1 Identifiering av områden

Arbetsmetodiken vid identifiering av områden var till en början att systematiskt inventera hela kompensationsområdet och leta efter områden med varierande ekologi (d.v.s. blandskogsområden, torrare områden dominerade av tall, blötare områden dominerade av gran, områden dominerade av björk, tätare områden och glesare områden). Under inventeringen markerades det ut 20 ytor med en area på cirka en hektar genom att sprejmåla mittenträdet med ytans nummer. Detta gjordes innan SLU blev involverade i kompensationsprojektet. Efter SLU blev involverade beslutades att 32 ytor med en diameter på 50 meter skulle identifieras och markeras ut. Dessa ytor skulle vara placerade minst 100 meter från varandra och närmaste yttergräns. SLU ville att ytorna skulle vara homogena men tidsbrist gjorde att de 20 redan identifierade ytorna återanvändes och endast 12 nya ytor markerades ut. Tidsbristen uppstod eftersom SLU skulle hinna placera ut insektsfällor innan värmen kom och svärmingen började.

3.1.2 Identifiering av substrat

Arbetsmetodiken vid inventering av substrat var att systematiskt inventera hela påverkansområdet och leta efter rödlistade- och signalarter på levande och döda träd (figur 4). Träd med sällsynta arter som uppfyllde kraven för något av de åtta sortimenten (bilaga 1) markerades ut med snitselband.



Figur 4. Granlåga markerad under arbetsfasen inventering av substrat. Foto: Malin Söderlind.

Figure 4. Spruce tree marked during the work phase inventory of substrate. Photo: Malin Söderlind.

I genomsnitt kunde två stockar tas ut från varje träd som markerades, men några träd uppfyllde inte kraven för att komma med i kompensationsprojektet/ forskningsprojektet (uppfyllde inte diameterkravet eller var för nedbrutna för att flyttas). Från början markerades det ut substrat på båda sidorna av sligertransportvägen men Boliden valde att avverka norra sidan med kort varsel. Detta resulterade i att naturvärdeskonsulterna blev tvungen att hitta fler substrat på södra sidan för att kompensera för de som blev avverkade. Därför är det exakta antalet kvalitativa substrat som markerades ut okänt

3.1.3 Avverkning och märkning av stockar

Måndag den 2 oktober kl. 07:00 var uppstartsmötet för kompensationsprojektets praktiska del. Där medverkade ansvariga representanter från Boliden, naturvärdeskonsulterna, skogsarbetarna och representanter från entreprenörerna som ansvarade för utskotningen. Under uppstartsmötet berättade representanterna från Boliden om bakgrunden till kompensationsprojektet och naturvärdeskonsulterna berättade om deras förarbete och om SLUs forskningsförsök. Därefter förklarade de vad respektive entreprenör skulle utföra för arbete i kompensationsprojektet och de entreprenörer som deltog i uppstartsmötet fick närmare instruktioner. På eftermiddagen åkte alla som medverkat på mötet ut till påverkansområdet där naturvärdeskonsulterna visade deras förarbete, bland annat några exempel på uppmärkta substrat.

Avverkningen och märkningen av stockarna påbörjades samtidigt och fortlöpte parallellt med varandra. Arbetsmetodiken under avverkningen var att skogsarbetarna löpande tog emot instruktioner från naturvärdeskonsulterna om vilka träd de skulle avverka och i vilken diameter och längd stockarna skulle apteras (figur 5). Längd och diameter på stockarna kontrollerades med hjälp av ett huggarband. Under uppstartsmötet fick skogsarbetarna instruktionerna att inte vända/rulla lågor eller skada barken när träden kvistades utan istället lämna kvar en liten del av kvisten. När stockarna var apterade och klara vidtog naturvärdeskonsulterna med märkningen av stockarna.



Figur 5. Skogsarbetare mäter och apterar en fälld torraka. Foto: Malin Söderlind
Figure 5. Forest worker measures and bucks a felled dry pine. Photo: Malin Söderlind

Arbetsmetodiken under märkningen av stockar var att en av de två konsulterna fäste två snitselband i olika färger vilket motsvarade stockens sortimenttillhörighet (bilaga 1, figur 6). Den skruvade även fast två metallbrickor med ett ID nummer i vardera ändyta av stocken, med två skruvar i varje bricka (figur 6). Den andra konsulten inventerade stocken efter rödlistade- eller signalarter och sprejmålade sortimenten GLT, GLI, TLT och TLI (Lågor av tall respektive gran) (bilaga 1) med ett längsgående streck på ovansidan stocken. Detta gjordes för att vid utläggningen veta vilken sida som låg uppåt. Den dokumenterade även information om stocken (t.ex. sortimenttillhörighet, arter på stocken mm) kopplat till dess ID nummer, samt fotograferade stocken från olika vinklar.



Figure 6. En av naturkonsulenterna knyter fast färgade snitselband för att kunna urskilja stockens sortimenttillhörighet. På ändytan syns den fastskruvade metallbrickan med stockens nummer. Foto: Malin Söderlind.

Figure 6. One of the nature consultant's ties a coloured ribbon on a log to distinguish which assortment it belongs to. The metal plate on the butt end states the log's number, and is attacked with screws. Photo: Malin Söderlind.

Det märktes totalt 671 stockar. Antalet träd som avverkades och apterades finns ingen exakt information om eftersom många träd kapades men valdes sedan bort för att de hade fel dimension eller var för nerbrutna för att kunna flyttas. I slutet av första dagen med avverkning och märkning upptäcktes att diameterkravet för grånågor inte kommer kunna uppfyllas och sänktes därför till 15 centimeter efter dialog med ansvariga forskare vid SLU. Tillgången på tallågor var begränsad och endast 20 tidiga lågor (relativt nyblivna lågor) och 60 intermediära lågor (det mest nedbrutna sortimentet i denna studie) av tall hittades. Efter dialog med forskare på SLU beslutades att tidiga tallågor skulle kompletteras med naturvärdestäd av tall och intermediära tallågor skulle kompletteras med torrakor av tall (bilaga 1).

3.1.4 Utskotning

Den 10 oktober utfördes en provskotning för att få en uppfattning om de mest nedbrutna lågorna skulle klara av att flyttas till kompensationsområdet. Under provskotningen skotades två lass ut med blandade sortiment på lasset. Under provskotningen bedömdes det att de intermediära lågorna (det mest nedbrutna sortimentet i denna studie) skulle hålla ihop och klara av att flyttas till kompensationsområdet.

Arbetsmetodiken under utskotningen var att stockarna närmast avlägget lastades först och därefter lastades stockarna efter hur de var placerade i skogen. Till en början gick en person framför och visade vägen mellan stockarna samt vid behov fällde träd för att skotaren skulle kunna ta sig fram. Allt eftersom skotningsavståndet ökade utvecklades arbetsmetodiken till att en person förhögg vägar i en slinga runt till alla stockar i ett område. Vid några tillfällen blev ett par stockar missade av den som förhögg vägen till skotaren vilket innebar att skotarföraren själv var tvungen att kliva ut och såga en lämplig väg fram till dessa stockar. Terrängen skiljde mycket mellan olika områden i påverkansområdet, vissa områden var helt flacka medan andra var kuperade och branta (figur 7). Detta innebar att i de branta och kuperade områdena var det svårt för skotaren att ta sig fram till vissa stockar. Därför var en person tvungen att hjälpa skotarföraren i dessa områden att knyta fast ett rep i stocken och kranen på skotaren för att kunna dra dem närmare. En liten del av stockarna var placerade i den nyavverkade kraftledningsgatan. Vilket innebar att det fanns befintliga basvägar och lågorna var utmarkerade med uppställda snitslade grenar. Stockarna skulle placeras sortimentsvis på avlägget och eftersom skotaren hade olika sortiment blandat på lasset innebar det mycket körning fram och tillbaka på avlägget vid lossning. Avläggen blev fort uppfyllda eftersom de intermediära lågorna i största möjliga mån inte skulle placeras ovanpå varandra. Skotarföraren placerade sortimentshögarna nära varandra vilket medförde att högarna blev fulla och rullade ihop. Detta innebar även att nya sortimentshögar anlades och samma sortiment fanns i två-tre olika virkeshögar på samma avlägg. Det skotades totalt ut 671 stockar från skogen till två olika avlägg.



Figur 7. Komastu 865 under lastningsarbetet vid utskotningen från påverkansområdet. Foto: Malin Söderlind
Figure 7. Komastu 865 during the loading at the work phase forwarding out of the impact area. Photo: Malin Söderlind

Svårigheter vid utskotningen var att hitta och ta sig fram till stockarna. Vid några tillfällen behövde ett rep användas för att kunna dra fram stockarna från svåråtkomliga ställen. Terrängen har försvårat arbetet på några platser eftersom det var kuperat och brant vilket innebar att skotaren behövde köra omvägar eller bryta bort stubbar med kranen för att inte maskinen skulle tippa. Blöta partier försvårade också eftersom skotaren riskerat att köra fast vid ett par tillfällen. Byggnationerna av den nya vägen och kraftledningsgatan har försenat arbetet eftersom det inneburit väntetid när truckar passerat och bandschaktare arbetat.

3.1.5 Lastbilstransport

Arbetsmetodiken under lastbilstransporten var att en ansvarig person från Boliden gav löpande instruktioner till föraren om hur många stockar av varje sortiment som skulle lastas. Naturvärdestråden lastades först sedan torrakor, tidiga lågor och sist intermediära lågor av både tall och gran (bilaga 1). Stockarna kördes sedan ut på tre olika avlägg. Till det första avlägget kördes ett lass med totalt fyra stockar av varje sortiment, till de andra avlägget kördes två lass med totalt 28 stockar av varje sortiment och till de tredje avlägget kördes tre lass med totalt 48 stockar av varje sortiment. Första lastbilslasset lastades bara med 32 stockar. Därefter lastades lastbilen och släpet så fullt som möjligt utan att stockarna kom till skada. Under lastning behövde lastbilen förflyttas många gånger, dels för att byta sortiment men även för att samma sortiment var placerat i flera olika högar på avläggen vid påverkansom-

rådet (figur 8). När ett nytt avlägg skulle anläggas lastades det också några massavedsstockar som användes till underlag för sortimenten. Vid lossning placerades stockarna ut sortimentsvis vilket medförde några förflyttningar. Totalt transporterades 640 stockar.

Svårigheter vid lastbilstransporten var att lasta rätt antal stockar och att behöva förflytta sig många gånger fram och tillbaka på avlägget (figur 8).



Figur 8. Avlägg vid påverkansområdet den 5 oktober 2018. Foto: Malin Söderlind.

Figure 8. Road-side landing at the impact area. 5 October 2018. Photo: Malin Söderlind.

3.1.6 Inskotning

Helgen innan inskotningen påbörjades var maskinförarna/ ägarna till Terri ATD:n ute och letade efter lämpliga basvägar och vägar fram till utläggningsytorna. Vid behov fälldes träd för att maskinen skulle kunna ta sig fram.

Arbetsmetodiken under inskotningen var från en början att det bara lastades stockar som skulle till samma yta. Beroende på om ytan skulle erhålla två eller sex stycken stockar av samma sortiment kunde olika många sortiment lastas eftersom laststorleken i medeltal var 10 stockar per lass (tabell 4). Allt eftersom arbetet fortgick övergick arbetsmetodiken istället till samkörning mellan ytor för att effektivisera arbetet. Det innebar att ett sortiment lastades och sedan kördes ut till två olika ytor. Detta gjordes för att inte behöva flytta under lastning och för att köra färre vändor med långa transportavstånd.

Lossning började med att maskinföraren gjorde en rundslinga på varje yta och fällde vid behov enstaka mindre träd för att maskinen skulle kunna köra runt. Därefter körde maskinföraren runt och placerade ut sortimenten jämt utspridda på ytan. Stockar av samma sortiment placerades så långt ifrån varandra som möjligt. Stockarna lades helt innanför ytan och placerades så att de inte hamnade ovanpå varandra. En naturvärdeskonsult följde med skotaren under arbetet och gav löpande instruktioner om vilka sortiment som skulle lastas, till vilken yta de skulle transporteras till och lossningsordningen. Naturvärdeskonsulten hade även som uppdrag att vända alla lågor av sortimenten GLT, GLI, TLT, TLI (bilaga 1) åt rätt håll med det sprejmålade strecket uppåt och kontrollera om de dokumenterade arterna på varje stock följt med i transporten. Totalt placerades det ut 640 stockar på 20 områden varav 10 ytor med två stockar av varje sortiment och 10 ytor med sex stockar av varje sortiment.

Svårigheter under inskotningen var den delvis kuperade terrängen som försvårade framkomligheten och som orsakade att bakvagnen tippade en gång. Kälén i marken orsakade att vissa partier längs basvägen blev hala och svårframkomliga, detta förbättrades dock när det senare kom 20-25 centimeter snö. En feltankning av bränsle innebar att en dag försvann till att reparera maskinen. Bultarna till boggin gängade vid ett tillfälle upp sig, vilket orsakade en timmes bortfall för reparationer.

Gemensamma svårigheter för arbetsfaserna som involverade maskinarbete var bland annat de tre meter långa stockarna som lätt ramlade ner mellan bankarna vid utskotningen och lastbilstransporten. Lastning- och lossningsarbetet vid lastbilstransporten och inskotningen påverkades av stockarnas dimension. Lastbilstransporten påverkades av klenare dimensioner eftersom den kunde greppa flera stockar samtidigt vilket gjorde det svårt att räkna hur många stockar som lastades. Inskotningen påverkades av grövre dimensioner eftersom kranen och gripen var i minsta laget för att kunna lyfta och hantera de största och tyngsta stockarna.

3.2 Tidsstudie

3.2.1 Laststorlek, transportavstånd och krancykler

Laststorleken varierade mycket men den genomsnittligt utnyttjade lastkapaciteten var i medeltal 34 % för utskotningen, 57 % för lastbilstransporten och 70 % för inskotningen (tabell 3).

Tabell 3. Lastkapacitet, medellaststorlek, standardavvikelse i fastkubikmeter (m³f) och genomsnittligt utnyttjad lastkapacitet för arbetsfaserna utskotning, lastbilstransport och inskotning

Table 3. Load capacity, average load size and standard deviation in cubic meters (m³f), as well as the average utilized load capacity for the work phases forwarding out of the impact area, truck transport and forwarding into the compensation area

	Utskotning	Lastbilstransport	Inskotning
Lastkapacitet (m ³ f)	15	50	4
Medellaststorlek (m ³ f)	5,07	28,57	2,78
Standardavvikelse (m ³ f)	2,3	11,6	0,63
Genomsnittligt utnyttjad lastkapacitet (%)	34	57	70

Medellaststorleken vid utskotningen var 18,42 stockar per lass med en standardavvikelse på 6,15 stockar. Medellaststorleken vid lastbilstransporten var 106,67 stockar per lass med en standardavvikelse på 48,75 stockar. Medellaststorleken vid inskotningen var 10,41 stockar per lass med en standardavvikelse på 3,83 stockar. Medelskotningsavståndet (halva sträckan av total körd sträcka under ett lass) vid utskotningen var ca 800 meter med en standardavvikelse på 470 meter. Medeltransportavståndet (halva sträckan av total körd sträcka under ett lass) vid lastbilstransporten var ca 24,4 kilometer med en standardavvikelse på 12,4 kilometer. Medelskotningsavståndet vid inskotningen var ca 1100 meter med en standardavvikelse på 230 meter. Antal stockar per krancykel vid lastning och lossning var för utskotningen och inskotningen i medeltal 1 stock per krancykel medan lastbilstransporten hade i medeltal 2 stockar per krancykel (tabell 4).

Tabell 4. Antalet observationer (n), medelvärden och standardavvikelse (SD) för laststorlek, transportavstånd (halva sträckan av total körd sträcka under ett lass) och antal stockar per krancykel vid lastning och lossning för arbetsfaserna utskotning, lastbilstransport och inskotning

Table 4. Number of observations (n), mean values and standard deviation (SD) for load size, transport distance and number of logs per crane cycle at loading and unloading for the work phases forwarding out of the impact area, truck transport and forwarding into the compensation area

	Utskotning			Lastbilstransport			Inskotning		
	n	Medel- värde	SD	n	Medel- värde	SD	n	Medel- värde	SD
Laststorlek (Antal stockar)	26	18,42	6,15	6	106,67	48,75	17	10,41	3,83
Transportavstånd (km)	24	0,79	0,47	6	24,37	12,37	17	1,13	0,23
Stockar per krancykel vid lastning	26	0,98	0,06	6	2,14	0,43	17	1,02	0,09
Stockar per krancykel vid lossning	25	1,02	0,09	6	2,38	0,29	17	1,00	0,00

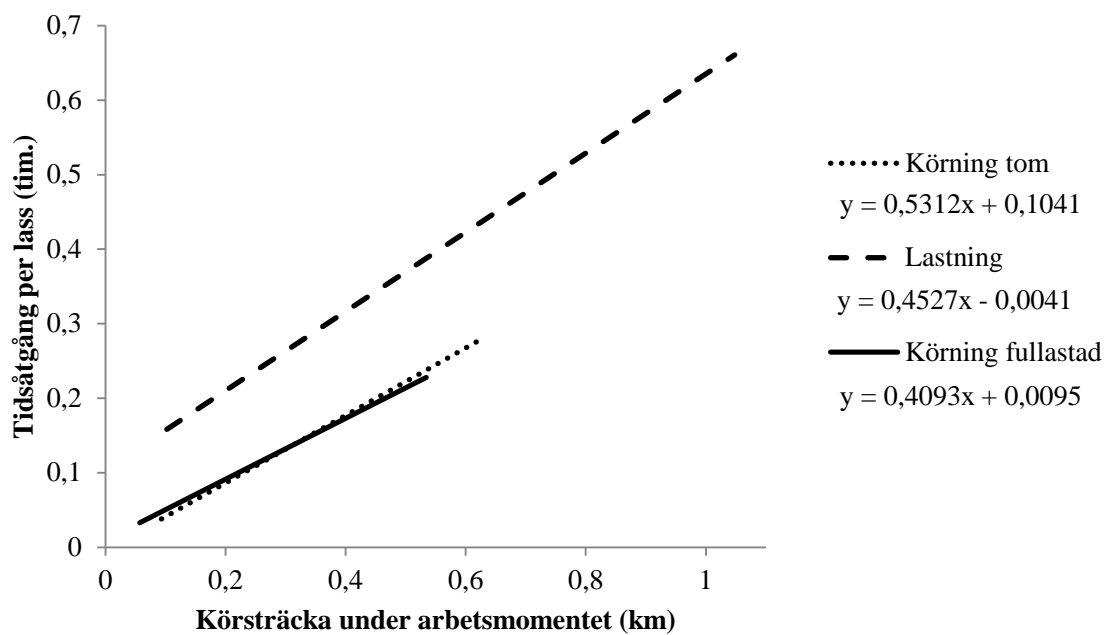
3.2.2 Utskotningen

Vid körning tom tog det signifikant längre tid per stock ju längre körsträckan under utskotningen var ($p < 0,001$; $R^2\text{-adj} = 95,4 \%$). Medelhastigheten för körning tom var 2,4 km/tim (tabell 5) och medelkörsträckan under arbetsmomentet körning tom var 300 meter vilket innebär att medeltidsåtgång för körning tom var 0,132 timmar per lass (figur 9).

Vid lastningsarbetet tog det signifikant längre tid per stock ju längre körsträckan under lastning var ($p < 0,001$; $R^2\text{-adj} = 95,4 \%$), men det tog inte signifikant längre tid per stock ju större laststorleken var. Medelhastigheten för lastningsarbetet var 1,2 km/tim (tabell 5) och medelkörsträckan under lastningsarbetet var 400 meter vilket innebär att medeltidsåtgång för lastningsarbetet var 0,317 timmar per lass (figur 9).

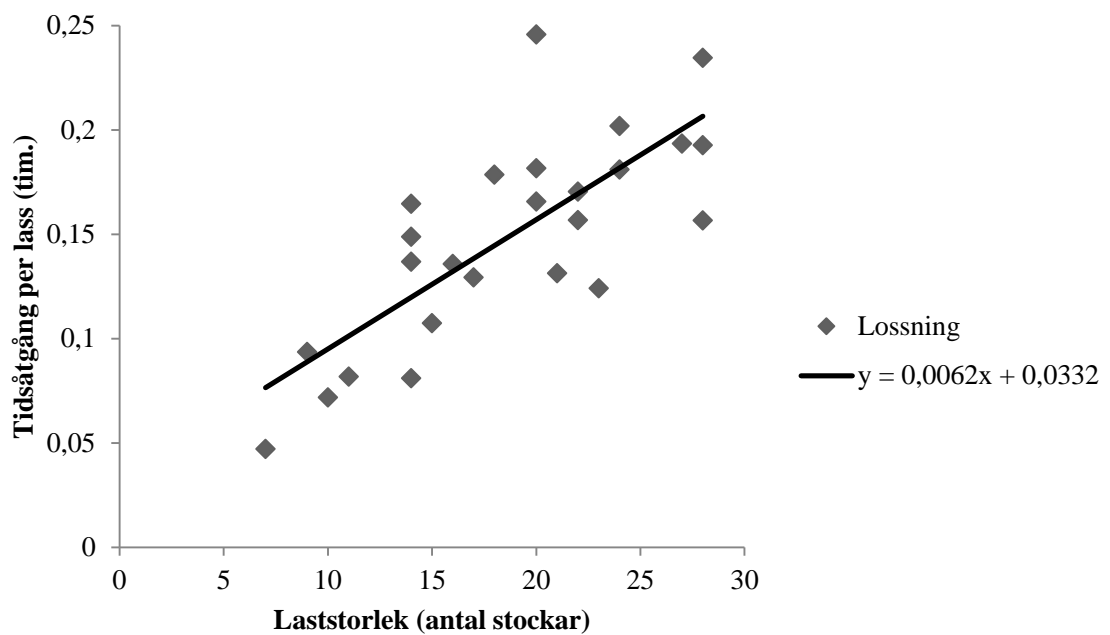
Vid körning fullastad tog det signifikant längre tid per stock ju längre körsträckan under körning fullastad var ($p < 0,001$; $R^2\text{-adj} = 95,5 \%$). Medelhastigheten för körning fullastad var 2,2 km/tim (tabell 5) och medelkörsträckan under arbetsmomentet körning fullastad var 200 meter vilket innebär att medeltidsåtgång för körning fullastad var 0,091 timmar per lass (figur 9).

Vid lossningsarbetet tog det signifikant längre tid per stock ju större laststorleken under lossning var ($p < 0,001$; $R^2\text{-adj} = 66,7 \%$). Medelhastigheten för lossningsarbetet var 0,5 km/tim (tabell 5). Medellaststorleken under lossningsarbetet var 18 stockar vilket innebär att medeltidsåtgång för lossningsarbetet var 0,145 timmar per lass (figur 10).



Figur 9. Tidsåtgången per lass för arbetsmomenten körning tom, lastning och körning fullastad vid utskotningen som funktion av körsträcka under arbetsmomentet (km) (total sträcka körd under arbetsmomentet). Observationsenheten var skotningslass, där $n=11$ för körning tom ($p<0,001$; R^2 -adj=95,4 %), $n=10$ för lastning ($p<0,001$; R^2 -adj=95,4 %) och $n=9$ för körning fullastad ($p<0,001$; R^2 -adj=95,5 %).

Figure 9. Time spent per load for the three work elements driving empty, loading and driving loaded at the work phase forwarding out of the impact area as a function of the distance during the work element (m). The observation unit was forwarding load, where $n = 11$ for driving empty ($p<0,001$; R^2 -adj=95,4 %), $n=10$ for loading ($p<0,001$; R^2 -adj=95,4 %) and $n=9$ for driving loaded ($p<0,001$; R^2 -adj=95,5 %).



Figur 10. Tidsåtgången per lass för lossningsarbetet vid utskotningen som funktion av laststorleken (antal stockar per lass). Observationsenheten var skotningslass, och $n=25$. ($p<0,001$; $R^2\text{-adj}=66,7\%$).
Figure 10. Time spent per load on unloading at the work phase forwarding out of the impact area as a function of the load size (number of logs per load). The observation unit was forwarding load, and $n = 25$. ($p<0,001$; $R^2\text{-adj}=66,7\%$).

Baserat på de statistiska analyserna för de olika arbetsmomenten vid utskotning beräknas tidsåtgången per lass enligt

$$y = (0,4527x_1 - 0,0041) + (0,5312x_2 + 0,1041) + (0,4093x_3 + 0,0095) + (0,0062x_4 + 0,033)$$

(tim./lass) [3]

där x_1 är sträckan körd under körning tom, x_2 är sträckan körd under lastningsarbetet, x_3 är sträckan körd under körning fullastad och x_4 är laststorleken vid lossningsarbetet. Alla sträckor i ekvationen är i km och laststorleken är i antal stockar.

För att istället beräkna tidsåtgången per stock vid utskotningen divideras ekvation 3 med medellaststorleken för utskotningen som var 18,42 stockar (tabell 4).

Lastbilstransport

Vid körning tom tog det signifikant längre tid per stock ju längre körsträckan under körning tom var ($p<0,002$; $R^2\text{-adj}=97,2\%$). Medelhastigheten för körning tom var 40 km/tim (tabell 5) och medelkörsträckan under arbetsmomentet körning tom var

25 kilometer vilket innebär att medeltidsåtgång för körning tom var 0,619 timmar per lass.

Vid lastningsarbetet tog det signifikant längre tid per stock ju större laststorleken under lastningen var ($p < 0,003$; $R^2\text{-adj} = 89,6 \%$). Medelhastigheten för lastningsarbetet var 0,8 km/tim (tabell 5). Medellaststorleken under lastningsarbetet var 107 stockar vilket innebär att medeltidsåtgång för lastningsarbetet var 0,832 timmar per lass.

Vid körning fullastad tog det signifikant längre tid per stock ju längre körsträckan under körning fullastad var ($p < 0,001$; $R^2\text{-adj} = 99,9 \%$). Medelhastigheten för körning fullastad var 38,5 km/tim (tabell 5) och medelkörsträckan under arbetsmomentet körning fullastad var 23 kilometer vilket innebär att medeltidsåtgång för körning fullastad var 0,593 timmar per lass.

Vid lossningsarbetet tog det signifikant längre tid per stock ju större laststorleken under lossning var ($p < 0,003$; $R^2\text{-adj} = 89,1 \%$). Medelhastigheten för lossningsarbete var 0,5 km/tim (tabell 5). Medellaststorleken under lossningsarbetet var 107 stockar vilket innebär att medeltidsåtgång för lossningsarbetet var 0,602 timmar per lass.

Baserat på de statistiska analyserna för de olika arbetsmomenten vid lastbilstransporten beräknas tidsåtgången per lass enligt

$$y = (0,0238x_1 + 0,0242) + (0,0078x_2 - 0,0025) + (0,0252x_3 + 0,0134) \\ (\text{tim./lass}) [4] \\ + (0,0068x_4 - 0,1255)$$

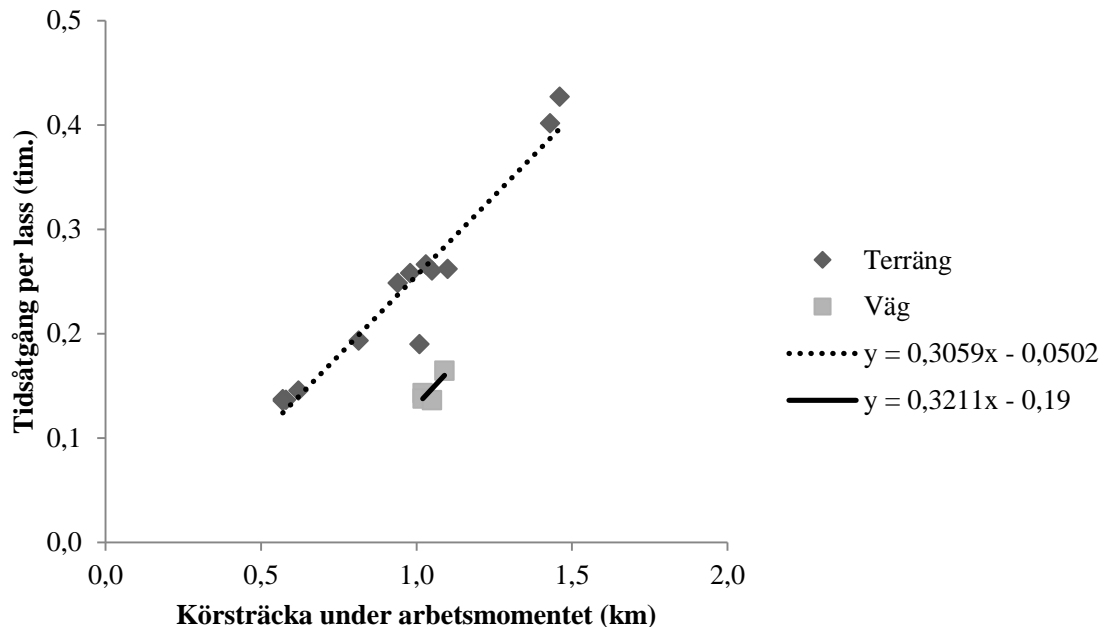
där x_1 är sträckan körd under körning tom, x_2 är laststorleken vid lastningsarbetet, x_3 är sträckan körd under körning fullastad och x_4 är laststorleken vid lossningsarbetet. Alla sträckor i ekvationen är i km och laststorleken är i antal stockar.

För att beräkna tidsåtgången per stock vid lastbilstransporten divideras ekvation 4 med medellaststorleken för lastbilstransporten som var 106,67 stockar (tabell 4).

Inskotningen

Vid körning tom tog det signifikant längre tid per stock ju längre körsträckan under körning tom var och om det kördes i terräng istället för på väg ($p < 0,001$; $R^2\text{-adj} = 93,7 \%$). Medelhastigheten för körning tom var 4,9 km/tim (tabell 5) och medelkörsträckan under arbetsmomentet körning tom var 1 kilometer vilket innebär att

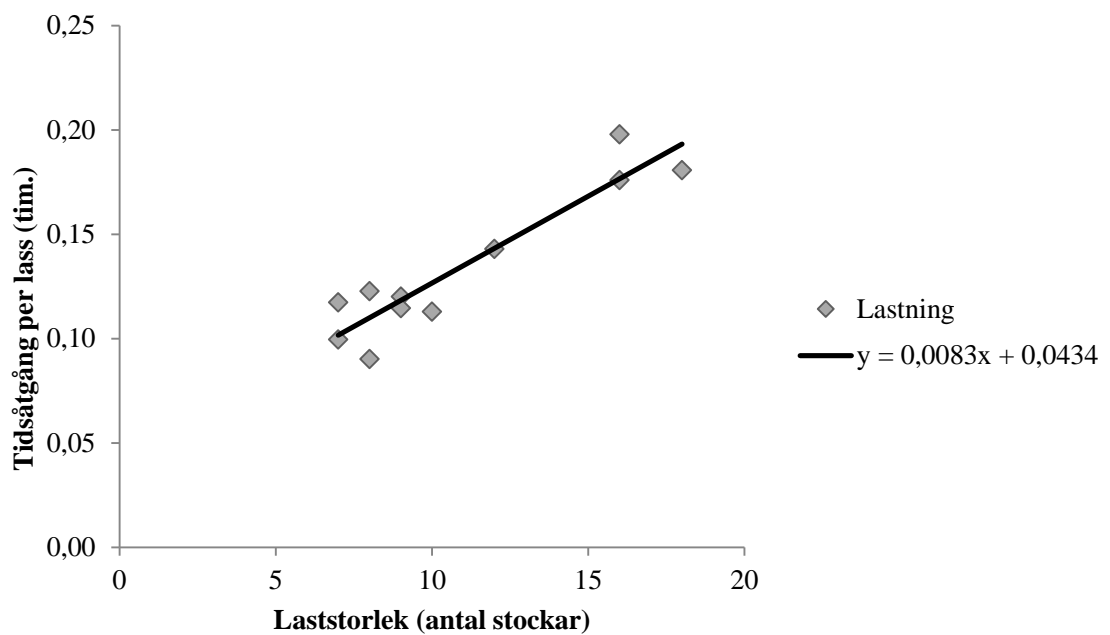
medeltidsåtgång för körning tom i terräng var 0,256 timmar per lass. Medeltidsåtgången för körning tom med 80 % av körsträckan efter asfalterad landsväg var 0,131 timmar (figur 11).



Figur 11. Tidsåtgången för körning tom vid inskotningen som funktion av körsträcka under arbetsmomentet (total sträcka körd under arbetsmomentet körning tom). Observationsenheten var skotningslass och $n=17$. ($p<0,001$; $R^2\text{-adj}=93,7\%$).

Figure 11. Time spent on driving empty at the work phase forwarding into the compensation area as a function of the forwarding distance (total distance travelled during the work element driving empty). The observation unit was forwarding load, and $n = 17$. ($p<0,001$; $R^2\text{-adj}=93,7\%$).

På de sex första skotarlassen samlastades många olika sortiment, vilket innebar mer körning på avlägget jämfört med de 11 senare skotarlassen som lastades mer sortimentsrent. Vid lastningsarbetet tog det signifikant längre tid per stock ju större laststorleken under lastning var ($p<0,004$; $R^2\text{-adj}=40,4\%$). När de sex första skotarlassen exkluderades från modellen stärktes det signifikanta sambandet ($p<0,001$; $R^2\text{-adj}=85,7\%$) (figur 12). Medelhastigheten för lastningsarbetet var 0,4 km/tim (tabell 5). Medellaststorleken under lastningsarbetet var 10 stockar vilket innebär att medeltidsåtgång för lastningsarbetet (utan de sex första skotarlassen) var 0,126 timmar per lass (figur 12).



Figur 12. Tidsåtgången för lastningsarbetet vid inskotningen som funktion av laststorleken (antal stockar per lass). Observationsenheten var skotningslass, och $n=11$. ($p<0,001$; $R^2\text{-adj}=85,7\%$). De sex första observationerna är exkluderade.

Figure 12. Time spent on loading at the work phase forwarding into the compensation area as a function of the load size (number of logs per load). The observation unit was forwarding load, and $n = 11$. ($p<0,001$; $R^2\text{-adj}=85,7\%$). The six first observations are excluded.

Vid körning fullastad tog det signifikant längre tid per stock ju längre körsträckan under körning fullastad var och om det kördes i terräng istället för på väg ($p<0,001$; $R^2\text{-adj}=93,7\%$). Medelhastigheten för körning fullastad var 4 km/tim (tabell 5) och medelkörsträckan under arbetsmomentet körning fullastad var 1 kilometer vilket innebär att medeltidsåtgång för körning fullastad i terräng var 0,324 timmar per lass. Medeltidsåtgången för körning fullastad med 80 % av körsträckan efter asfalterad landsväg var 0,15 timmar.

Vid lossningsarbetet tog det signifikant längre tid per stock ju större laststorleken under lossning var ($p<0,001$; $R^2\text{-adj}=83,9\%$), Medelhastigheten för lastningsarbetet var 0,9 km/tim (tabell 5). Medellaststorleken under lastningsarbetet var 10 stockar vilket innebär att medeltidsåtgång för lastningsarbetet var 0,28 timmar per lass.

Baserat på de statistiska analyserna för de olika arbetsmomenten vid inskotningen beräknas tidsåtgången per lass vid körning i terräng enligt

$$y = (0,3059x_1 - 0,0502) + (0,0083x_2 + 0,0434) + (0,3377x_3 - 0,0139) \text{ (tim./lass) [5]} \\ + (0,0296x_4 - 0,0157)$$

där x_1 är sträckan körd under körning tom, x_2 är laststorleken vid lastningsarbetet, x_3 är sträckan körd under körning fullastad och x_4 är laststorleken vid lossningsarbetet. Alla sträckor i ekvationen är i km och laststorleken är i antal stockar.

För att beräkna tidsåtgången per stock vid inskotningen och körning i terräng divideras ekvation 5 med medellaststorleken för inskotningen som var 10,41 stockar (tabell 4).

Hastighet

Medelhastigheten för alla arbetsmoment följde samma mönster för utskotningen och lastbilstransporten, genom att hastigheten var högst vid körning tom, näst högst för körning fullastad, näst lägst för lastning och lägst för lossning. Inskotningen följde nästan samma mönster med skillnaden att lossning hade högre medelhastighet än lastning (tabell 5).

Tabell 5. Antal observationer (n), medelhastighet med standardavvikelse (SD) för de fyra arbetsmomenten körning tom, lastning, körning fullastad, lossning och för samtliga arbetsmoment vid arbetsfaserna utskotning, lastbilstransport och inskotning

Table 5. Number of observations (n), average speed with standard deviation (SD) for the four work elements driving empty, loading, driving loaded, unloading and all work elements pooled, for the work phases forwarding out of the impact area, truck transport and forwarding into the compensation area

Arbetsmoment	Utskotning			Lastbilstransport			Inskotning		
	n	Medelhastighet (km/tim.)	S D	n	Medelhastighet (km/tim.)	SD	n	Medelhastighet (km/tim.)	SD
Körning tom	11	2,35	0,34	6	39,96	2,78	17	4,91	1,53
Lastning	9	1,20	0,35	6	0,77	0,69	17	0,44	0,41
Körning fullastad	10	2,15	0,44	6	38,52	1,05	17	4,01	1,53
Lossning	10	0,49	0,30	6	0,52	0,52	17	0,89	0,52
Samtliga arbetsmoment	23	1,83	0,53	6	22,21	5,69	17	2,51	0,33

Produktivitet

Medelproduktiviteten per lass vid utskotningen var 27,6 stockar per timme med en standardavvikelse på 21,9 stockar (tabell 6). Detta motsvarade ungefär 6,6 m³f per timme beräknat utifrån medelstocksvolymen i denna studie (tabell 8). Medelproduktiviteten per lass vid lastbilstransporten var 50,2 stockar per timme med en standardavvikelse på 19,3 stockar (tabell 6). Detta motsvarade ungefär 12 m³f per timme beräknat utifrån medelstocksvolymen i denna studie (tabell 8). Medelproduktiviteten per lass vid inskotningen var 11,5 stockar per timme med en standardavvikelse på 3,3 stockar (tabell 6). Detta motsvarade ungefär 2,8 m³f per timme beräknat utifrån medelstocksvolymen i denna studie (tabell 8).

Tabell 6. Antal observationer (n), medelproduktivitet med standardavvikelse (SD) för de två arbetsmomenten lastning och lossning och för samtliga arbetsmoment vid arbetsfaserna utskotning, lastbilstransport och inskotning

Table 6. Number of observations (n), average productivity with standard deviation (SD) for the two work elements loading and unloading and all work elements together at the work phases forwarding out of the impact area, truck transport and forwarding into the compensation area

Arbetsmoment	Utskotning			Lastbilstransport			Inskotning		
	n	Medelvärde (stockar/ tim.)	SD	n	Medelvärde (stockar/ tim.)	SD	n	Medelvärde (stockar/ tim.)	SD
Lastning	26	51,7	18,4	6	128,3	25,0	17	71,2	17,1
Lossning	25	127,3	24,0	6	184,0	27,1	17	37,1	7,3
Samtliga arbetsmoment	25	27,6	21,9	6	50,2	19,3	17	11,5	3,3

3.2.3 Tidsåtgång enskilda arbetsmoment

Medeltidsåtgången per lass för utskotningen var 0,87 timmar (tabell 7) där medelkörsträckan var 800 meter (tabell 4). Det mest tidskrävande arbetsmomentet var lastning som upptog 39 % av totala tiden. Medeltidsåtgången per lass för lastbilstransporten var 3,17 timmar (tabell 7) där medelkörsträckan var 24 kilometer (tabell 4). Det mest tidskrävande arbetsmomentet var lastning som upptog 26 % av totala tiden. Medeltidsåtgången per lass för inskotningen var 1,17 timmar (tabell 7) där medelkörsträckan var 1 kilometer (tabell 4). Det mest tidskrävande arbetsmomentet var lossning som upptog 27 % av totala tiden. Tidfördelningen för de olika arbetsmomenten varierade mycket mellan utskotningen, lastbilstransporten och inskotningen. Störst skillnad mellan arbetsfaserna var det för arbetsmomentet lastning. Skillnaden mellan utskotningen och lastbilstransporten var den samma som mellan lastbilstransporten och inskotningen d.v.s. 13 %.

Tabell 7. Antalet observationer (n), medeltidsåtgången (tim.) och relativ andel (%) av den totala tidsåtgången per lass uppdelat på arbetsmoment för arbetsfaserna utskotning, lastbilstransport och inskotning. Standardavvikelsen anges inom parentes

Table 7. Number of observations (n), average time (h) and the relative proportion (%) of total time spent per load divided on the work elements in the work phases forwarding out of the impact area, truck transport and forwarding into the compensation area. The standard deviation specified in parenthesis

Del-moment	Utskotning			Lastbilstransport			Inskotning		
	n	Medel-tidsåtgång	% av total tid	n	Medel-tidsåtgång	% av total tid	n	Medel-tidsåtgång	% av total tid
Körning tom	24	0,15 (0,1)	15	6	0,63 (0,32)	19	17	0,21 (0,09)	18
Lastning	25	0,38 (0,2)	39	6	0,83 (0,4)	26	17	0,15 (0,05)	13
Körning fullastad	24	0,12 (0,1)	13	6	0,59 (0,27)	18	17	0,26 (0,09)	22
Lossning	25	0,14 (0,06)	15	6	0,60 (0,35)	19	17	0,31 (0,17)	27
Övrigtid	14	0,06 (0,04)	6	6	0,23 (0,17)	7	15	0,11 (0,1)	9
Avbrott	10	0,13 (0,12)	13	5	0,33 (0,25)	10	10	0,12 (0,28)	11
Total tid		0,87 (0,45)	100		3,17 (1,03)	100		1,17 (0,36)	100

3.2.4 Sortiment

Medelstocksvolymen per sortiment följde samma mönster för både tall och gran, med minst medelstocksvolym för tidiga lågor (LT), näst minst för intermediära lågor (LI), näst störst för torrakor (Tor) och störst för levande träd (lev) (bilaga 1). Medelstocksvolymen för samtliga sortiment var 0,24 m³f. Skillnaden mellan den minsta (GLT resp. TLT) och den största (Glev resp. Tlev) volymen för gran var 0,2 m³f och för tall var det 0,32 m³f (tabell 8).

Tabell 8. Medelstocksvolymen (m^3f) och standardavvikelsen (SD) för de 8 olika sortimenten. Samt antalet observationer (n), totala antalet stockar av varje sortiment (N) och stickprovets storlek i förhållande till totala antalet

Table 8. Average log volume (m^3f) and standard deviation (SD) for the 8 different assortments. As well as the number of observations (n), the total number of logs of each assortment (N) and the sample size in relation to the total number of logs

Sortiment	Medelstocks- volym	SD	n	N	Samplad andel (%)
Gran Låga Tidig (GLT)	0,13	0,05	16	80	20
Gran Låga Intermediär (GLI)	0,15	0,05	27	80	34
Gran torraka (Gtor)	0,18	0,08	26	80	33
Gran levande (Glev)	0,33	0,12	17	80	21
Tall Låga Tidig (TLT)	0,15	0,07	11	20	55
Tall Låga Intermediär (TLI)	0,23	0,12	15	60	25
Tall Torraka (Ttor)	0,27	0,13	23	100	23
Tall levande (Tlev)	0,47	0,16	20	140	14

Lastningstiderna per sortimenten och stock kunde inte samlas in vid utskotningen eftersom stockarna lastades i den ordning de låg placerade i skogen, vilket inte var sortimentsvis. Dessutom var det svårt att avgöra när lastningsmomentet avslutades. Detta var svårt eftersom laststorleken varierade och glömda stockar plockades i många fall upp på tillbakavägen. Lastningstiderna per sortimenten och stock samlades dock in för lastbilstransporten och inskotningen.

Lastbilstransport

ANOVA analysen för tidsåtgången vid lastningsarbetet visade att det inte fanns någon signifikant effekt av varken trädslag, sortiment eller trädslag kombinerat med sortiment ($p > 0,392$; R^2 -adj=0,00 %). Medeltidsåtgången vid lastningsarbetet var 17,8 sekunder per stock. Skillnaden mellan de snabbaste (GLT) och långsammaste (TLI) lastningstiderna var 13,3 sekunder per stock.

Inskotningen

ANOVA analysen för tidsåtgången vid lastningsarbetet visade att det tog signifikant längre tid per stock för trädslaget tall jämfört med gran ($p < 0,02$; R^2 -adj=7,7 %). Tidsåtgången per stock påverkades dock inte signifikant av vare sig variabeln sortiment eller trädslag kombinerat med sortiment ($p > 0,388$). Medeltidsåtgången för gran vid lastningsarbetet var 48,9 sekunder per stock medan medeltidsåtgången för

tall vid lastningsarbetet var 58,9 sekunder per stock. Skillnaden mellan de snabbaste (GLT) och långsammaste (TLI) lastningstiderna var 23,4 sekunder per stock.

3.3 Kostnader

Den totala kostnaden för den praktiska delen av kompensationsprojektet var 520 800 kronor. Den dyraste arbetsfasen var inskotningen som utgjorde 29 % av den totala kostnaden. Det var dock bara 60 % av dessa 29 % som utgjordes av själva arbetet med att transportera stockar med skotaren, medan resterande 40% utgjordes av naturvärdeskonsulten arbetsinsats. Den billigaste arbetsfasen var lastbilstransporten som utgjorde 5 % av den totala kostnaden. Utslaget på antalet stockar som flyttades blev kostnaden 813,8 kr/stock (tabell 9).

Tabell 9. Tidsåtgång, timkostnad, total kostnad, antal objekt (stockar/träd/områden), kostnad per objekt och procent av den totala kostnaden för alla arbetsfaserna

Table 9. Time consumption, hourly cost, total cost, number of objects (logs/trees/areas), cost per object and percentage of the total cost for all the work phases

Arbetsfas	Tids- åtgång (tim.)	Tim-kostnad (Kr/ tim.)	Total kostnad (Kr)	Antal objekt	Kostnad per objekt (Kr/objekt)	Andel av totala kostnaden (%)
Identifiering av områden	60	525	31 500	32	984,4	6
Identifiering av substrat	90	525	47 250	600	78,8	9
Avverkning	120×2	400	96 000	671	143,1	19
Märkning av stockar	120×2	525	126 000	671	187,8	24
Utskotning	47,5	900	42 750	671	63,7	8
Lastbils- transport	27	900	24 300	640	38	5
<i>Inskotning</i>	<i>120</i>	<i>750</i>	<i>90 000</i>			
<i>Naturvärdes- konsult vid Inskotningen</i>	<i>120</i>	<i>525</i>	<i>63 000</i>			
Inskotning totalt	120×2	637,5	153 000	640	239,1	29
Totalt	884,5		520 800	640	813,8	100

3.4 Känslighetsanalyser

Känslighetsanalyserna är baserade på uppskattningar utifrån observationer under tidsstudierna och intervjuerna.

3.4.1 Förbättringspotentialer

Vid den första potentiella förbättringsnivån uteslöts allt forskningsrelaterat arbete. Det gjordes genom att utesluta arbetsfaserna märkning av stockar och extra personen vid inskotningen. Tidsåtgången för identifieringen av områden sänktes till 40 timmar. Tidsåtgången för lossning vid inskotningen sänktes med 20 %, vilket motsvarar en minskning av den totala tidsåtgången med 5 %. Avverkningens tidsåtgång sänktes med 20 %. Kostnaden per stock utan forskning blev 465 kr/stock vilket är 348,8 kr/stock mindre än referensscenariot.

Vid den andra potentiella förbättringsnivån effektiviserades arbetsmetodiken teoretiskt. Det gjordes genom att sänka tidsåtgången vid lastning för både utskotningen och lastbilstransporten med 30 %. Detta motsvarade en minskning av den totala tidsåtgången med 9 % för utskotningen respektive 8 % för lastbilstransporten. Tidsåtgången för identifieringen av substrat sänktes med 10 %. Det avverkades och skotades ut 31 stockar som inte transporterades till kompensationsområdet. Dessa stockar räknades bort vilket resulterade i minskad tidsåtgång för avverkningen med 11,1 timmar och för utskotningen med 2,2 timmar. Detta motsvarar 4,6 % av den totala tidsåtgången för båda arbetsfaserna. Kostnaden per stock vid förbättrad arbetsmetodik blev 438,8 kr/stock vilket är 26,2 kr/stock mindre jämfört med första potentiella förbättringsnivån.

Vid den tredje potentiella förbättringsnivån ökades produktiviteten med 10 % för alla arbetsfaser. En produktivitetsökning med 10 % för de olika maskinerna motsvarar 9 % mindre total tidsåtgång för de arbetsfaser som innefattar maskinarbete. Kostnaden per stock vid förbättrad arbetsmetodik blev 397,2 kr/stock vilket är 41,6 kr/stock mindre jämfört med andra potentiella förbättringsnivån.

Totalt finns det en besparingspotential på 416,6 kr/stock om de tre potentiella förbättringsnivåerna summeras, vilket motsvarar en besparing på 51 % från referensscenariot (tabell 10).

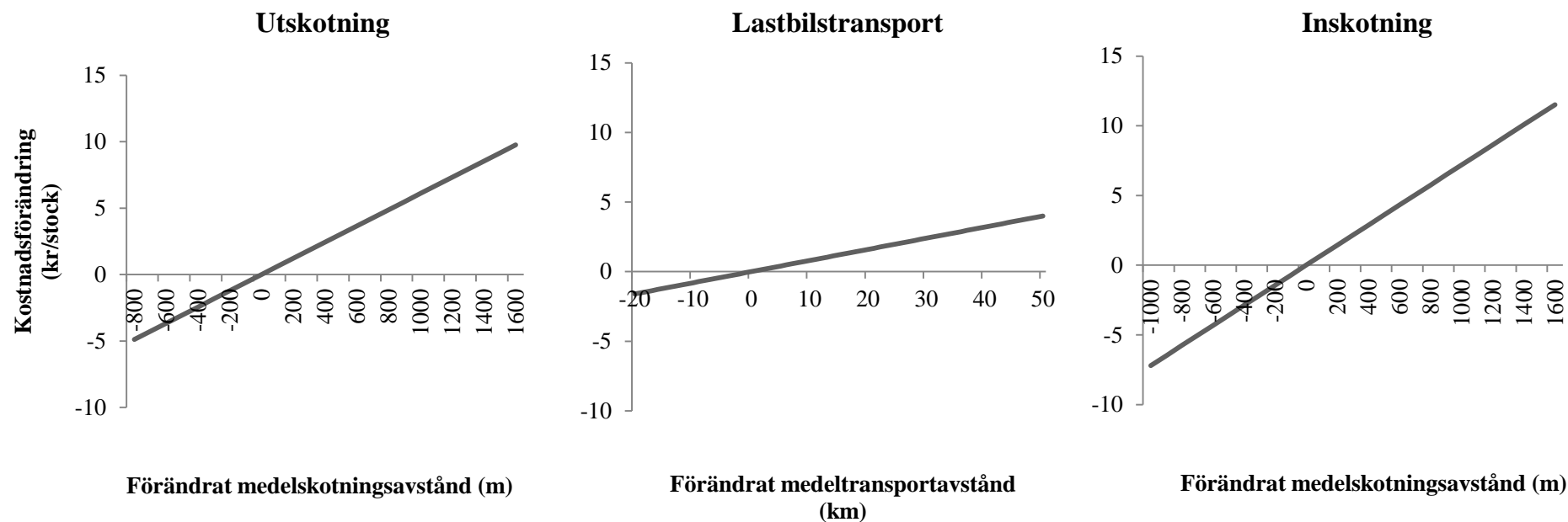
Tabell 10. Kostnad vid referensalternativ per stock och skattade kostnaden per stock samt kostnadsbesparingar för de olika potentiella förbättringsnivåerna i känslighetsanalysen. I nivå 1 är allt forskningsrelaterat arbete exkluderat, i nivå 2 har dessutom förbättringsförslagen anammats och i nivå 3 har dessutom produktiviteten ökat med 10 % för samtliga arbetsfaser

Table 10. Reference cost per log and estimated cost per log as well as cost savings for the various potential improvement levels in the sensitivity analysis. In level 1 all research-related work are excluded, in level 2 also the improvement proposals has been implemented and in level 3 also the productivity has increased with 10% for all the work phases

Potentiella förbättringsnivåer	Nivå	Total kostnad (kr/stock)	Skillnad i kostnad från föregående förbättringsnivå (kr/stock)
Referensscenariot	0	813,8	0
Utan forskning	1	465,0	348,8
Förbättrad arbetsmetodik	2	438,8	26,2
10 % ökad produktivitet	3	397,2	41,6
Summa			416,6

3.4.2 Skotnings- och vägtransportsavståndens inverkan

Baserat på de medelhastigheter som observerades i studien kan inverkan från olika köravstånd för respektive transportarbete beräknas. Kostnadsförändringen per avståndsförändring är densamma oavsett vilken förbättringsnivå som beaktas, eftersom körhastigheten inte förändrades mellan nivåerna. Kostnaden förändrades med 0,61 kr/stock för varje 100-tal meters förändring av medelskotningsavståndet vid utskotningen (figur 13). Beräkningarna är baserade på medeltransportavstånden för arbetsfaserna lastbils-transport och inskotning (tabell 4)



Figur 13. Kostnadsförändring i kronor per stock (kr/stock) i förhållande till förändrat medelskotningsavstånd (m, halva sträckan av total körd sträcka under ett lass) vid utskotningen och inskotningen respektive förändrat medeltransportavstånd (km, halva sträckan av total körd sträcka under ett lass) vid lastbilstransporten. Beräkningarna är baserade på medeltransportavstånden för arbetsfaserna utskotning (800 m) lastbilstransport (24,4 km) och inskotning (1100 m).

Figure 13. Cost change in SEK per log (SEK/log) in relation to the changed average forwarding distance (m, half the distance of total forwarded distance during a load) at the forwarding out of the impact area and the forwarding into the compensation area respective changed average transport distances(km, half the distance of total transported distance during a load). The calculations are based on the average transport distances for the forwarding out of the impact area (800 m), truck transport (24,4 km) and forwarding into the compensation area (1100 m).

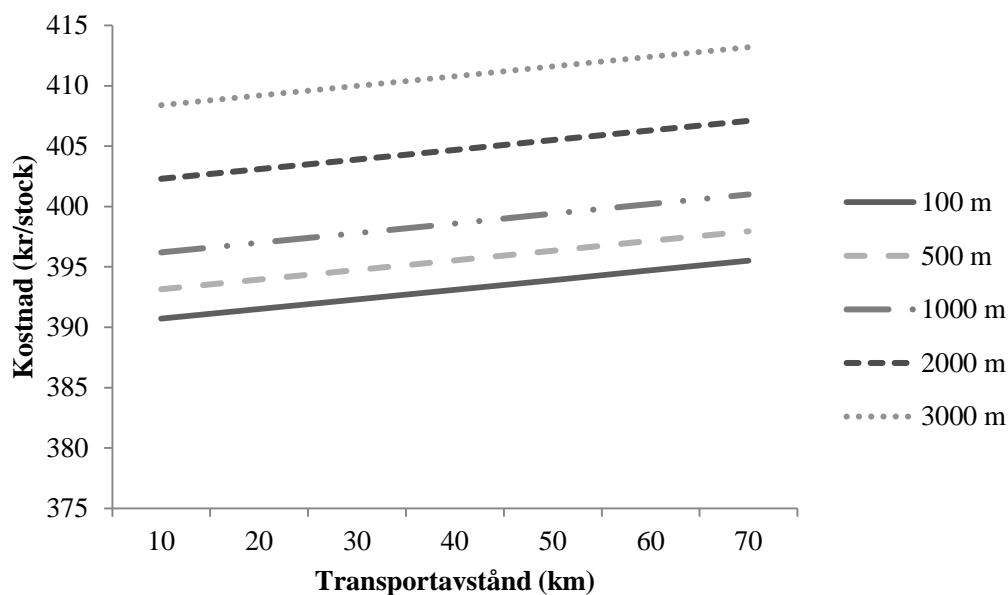
Kostnaden vid lastbilstransporten förändrades med 0,08 kr/stock för varje kilometers förändring av medeltransportavståndet (figur 13). Beräkningarna är baserade på medeltransportavstånden för arbetsfaserna utskotning och inskotning (tabell 4).

Kostnaden för inskotningen förändrades med 0,72 kr/stock för varje 100-tal meters förändring av medelskotningsavståndet (figur 13). Beräkningarna är baserade på medeltransportavstånden för arbetsfaserna utskotning och lastbilstransport (tabell 4).

3.4.3 Skotnings- och vägtransportavståndens kombinerade inverkan

Utskotning kombinerat med lastbilstransport

För den tredje potentiella förbättringsnivån (10 % ökad produktivitet) beräknades hur både förändringar i medelskotningsavståndet vid utskotningen och medeltransportavståndet vid lastbilstransporten påverkar kostnaden per stock. 100 meters ökning av medelskotningsavståndet motsvarar en ökning av kostnaden med 0,61 kronor per stock vid utskotningen. En kilometers ökning av medeltransportavståndet motsvarar en ökning av kostnaden med 0,08 kronor per stock vid lastbilstransporten. Baserat på denna kombination av avståndsvariationer kan det utläsas totalkostnadsskillnader mellan långa och korta flyttavstånd. Vid ett kort avstånd, som t.ex. ett medelskotningsavstånd på 100 meter och ett medeltransportavstånd på 10 kilometer, skattas kostnaden till 390,7 kr/stock. Vid ett långt avstånd, som t.ex. ett medelskotningsavstånd på 3 kilometer och ett medeltransportavstånd på 70 kilometer, skattas kostnaden till 413,2 kr/stock (figur 14).

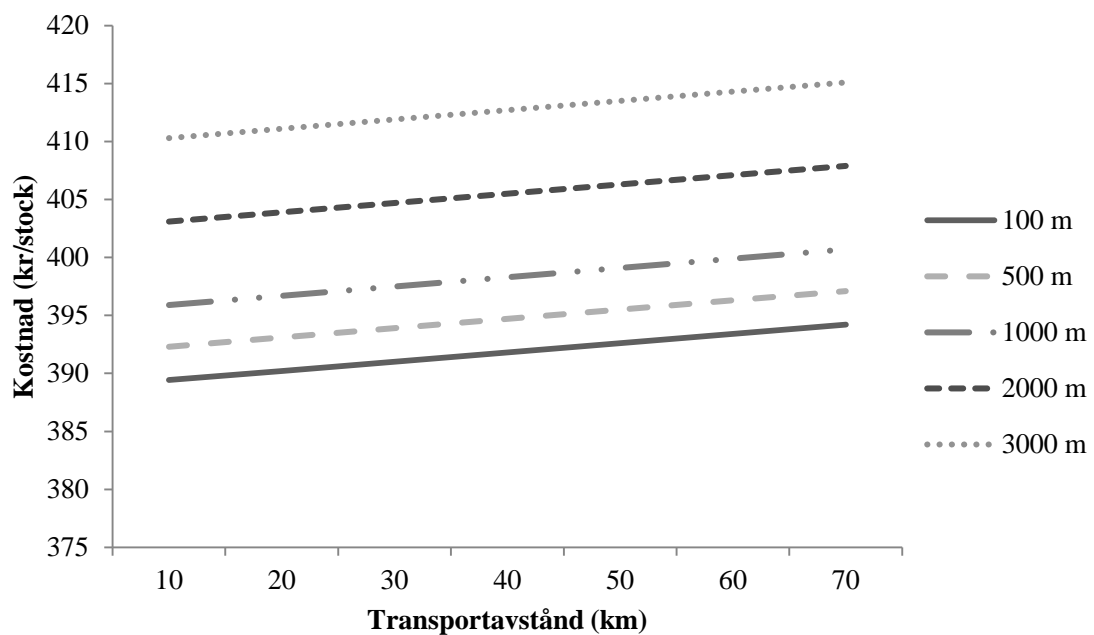


Figur 14. Kostnaden per stock för den tredje potentiella förbättringsnivån (10 % ökad produktivitet vid alla arbetsfaser) i förhållande till förändrat medelskotningsavståndet vid utskotningen (på höger sida om figuren) och förändrat medeltransportavståndet vid lastbilstransporten (under figuren).

Figure 14. The cost per log for the third potential improvement level (10% increased productivity for all work phases) in relation to the changed average forwarding distance at the forwarding out of the impact area (on the right side of the figure) and the changed average transport distance at the truck transport (below the figure).

Inskotning kombinerat med lastbilstransport

På motsvarande sätt kombinerades avståndets påverkan för lastbilstransporten och inskotningen för den tredje potentiella förbättringsnivån (10 % ökad produktivitet). Det gjordes en modell för hur både förändringar i medelskotningsavstånd vid inskotningen och medeltransportavstånd vid lastbilstransporten påverkar kostnaden per stock. 100 meter ökning av medelskotningsavståndet motsvarar en ökning av kostnaden med 0,72 kronor per stock vid inskotningen. En kilometer ökning av medeltransportavståndet motsvarar en ökning av kostnaden med 0,08 kronor per stock vid lastbilstransporten. Baserat på denna kombination av avståndsvariationer kan det utläsas totalkostnadsskillnader mellan långa och korta flyttavstånd. Vid ett kort avstånd, som t.ex. ett medelskotningsavstånd på 100 meter och ett medeltransportavstånd på 10 kilometer, skattas kostnaden till 389,4 kr/stock, medan det vid ett långt avstånd, som t.ex. ett medelskotningsavstånd på 3 kilometer och ett medeltransportavstånd på 70 kilometer, skattas kostnaden till 415,1 kr/stock (figur 15).



Figur 15. Kostnaden per stock för den tredje potentiella förbättringsnivån (10 % ökad produktivitet vid alla arbetsfaser) i förhållande till förändrat medelskotningsavståndet vid inskotningen (på höger sida om figuren) och förändrat medeltransportavståndet vid lastbilstransporten (under figuren).

Figure 15. The cost per log for the third potential improvement level (10% increased productivity for all work phases) in relation to the changed average forwarding distance at the forwarding into the compensation area (on the right side of the figure) and the changed average transport distance at the truck transport (below the figure).

3.5 Intervjuresultaten

I detta stycke redovisas en sammanfattning av den viktigaste informationen från intervjuerna. De fullständiga intervjuaren återfinns i bilaga 2.

Alla respondenter tyckte att det var roligt att arbeta med detta kompensationsprojekt. Respondenterna tyckte att arbetet överlag hade fungerat bra, men det fanns dock några förbättringsförslag.

Naturvärdeskonsulten tycker att alla som var involverade i projektet på något vis skulle närvarat på uppstartsmötet. Detta för att alla skulle få en uppfattning om betydelsen av detta kompensationsprojekt samt hur viktigt det var att hantera stockarna försiktigt.

Föraren vid utskotningen tycker att skotaren skulle vara utrustad med en liten, rak och spetsig grip istället för den mellanstora rundade grip som användes i detta kompensationsprojekt. Eftersom maskinföraren tror att detta skulle underlätta arbetet att greppa en stock i taget utan att skada stocken eller stockarna bredvid. Ett annat förbättringsförslag från maskinföraren var att markera ut stockarnas position med en pinne som det knutits ett snitselband på istället för på levande träd. Detta för att lätt kunna bryta bort snitsel efter stockarna lastats och på så vis inte bli lurad att det finns stockar kvar. Maskinföraren ansåg att den bästa och mest effektiva arbetsmetoden var när en skogsarbetare (som vet vart skotaren kan köra) planerade och avverkade vägar/slingor fram till stockarna innan skotaren kommit dit. Hen ansåg att det var den bästa arbetsmetoden eftersom den gjorde att skotaren inte behövde stå stilla och vänta på skogsarbetaren eller för att maskinföraren behövt kliva ut och avverka själv. Maskinföraren tycker att en person skulle följt med maskinen vid kuperade och branta partier för att kunna hjälpa till att dra fram stockarna på svåråtkomliga ställen. Ett större avlägg hade behövts tycker maskinföraren för att kunna göra bredare högar och större mellanrum mellan högarna, vilket hade gjort att stockarna inte blandats ihop. Avlägget skulle planerats och strukturerats upp innan utskotningen påbörjats tyckte maskinföraren. D.v.s. vart de olika sortimenten skulle placeras för att inte samma sortiment skulle läggas på flera ställen. Maskinföraren hade svårt att se skillnad på de olika sortimenten eftersom hen hade svårt att urskilja färgen röd och för det ibland lossnat snitselband. Därför tycker hen att det skulle varit bättre att sprejmarkera stockarnas sortimenttillhörighet och inte använda färgen röd.

Föraren vid lastbilstransporten tycker det hade varit bra om alla stockar av samma sortiment varit placerade på ett och samma ställe. Föraren tycker att de sortiment som skulle lastas underst på lastbilen skulle vara placerade först på avlägget osv. Exempelvis att placera de hårda naturvärdesträden i början av avlägget som lastades underst och de intermediära lågorna i slutet på avlägget som lastades överst, eftersom detta skulle minimera körningen fram och tillbaka på avlägget.

Föraren vid inskotningen tycker att det hade varit bättre om de hade fått en lista innan arbetet började med antal stockar av varje sortiment som skulle till respektive yta. Då hade de kunna köra själv och det hade inte varit nödvändigt med en medföljande person.

4 Diskussion

4.1 Resultatdiskussion

4.1.1 Arbetsmetodiken

För att vara ett förstagångsprojekt, med annorlunda och i princip nyskapad arbetsmetodik för de inblandade så har det fungerat bra men det finns en del som skulle kunna förbättras till framtida kompensationsprojekt. De arbetsfaser som stött på flest svårigheter var de som involverade maskiner d.v.s. utskotningen, lastbilstransporten och inskotningen. Det beror mest troligt på bristfällig planering av avlägg samt icke genomtänkta arbetsplaner. Eftersom mycket tid under dessa arbetsfaser har gått till diskussioner kring hur problem som uppstått skulle lösas och då ofta kopplat till forskningsprojektets behov. Maskinförarna har varit äldre män vilket medfört att de haft svårigheter att se färgen röd, det kan vara bra att tänka på vid framtida kompensationsprojekt, att undvika färgen röd på snitselbanden.

4.1.2 Tidsstudierna

Utskotning

För arbetsmomenten körning tom, lastning och körning fullastad vid utskotningen var det skotningsavståndet som signifikant påverkade tidsåtgången. Medelhastigheten för körning tom och körning fullastad i denna studie var i medeltal 27,5 % lägre än tidigare studier, samtidigt som standardavvikelsens relativa andel av hastigheten var 15 procentenheter lägre jämfört med tidigare studier (Manner m.fl., 2016 a & b). Medelhastigheten för lastning går inte att rättvist jämföra med tidigare studier eftersom de har delat upp lastningen i körning under lastning och lastningsstop medan denna studie endast har den totala lastningstiden (Manner m.fl., 2016 a

& b). Tidsåtgången för körning tom och körning fullastad beror på skotningsavståndet och körhastigheten som i sin tur huvudsakligen påverkas av geofysiska faktorer som lutning, bärighet och ytstruktur (Manner m.fl., 2013). Detta innebär att det mest troligt är geofysiska faktorer som kan förklara skillnaderna i medelhastigheterna eftersom föraren bara i viss grad kan påverka tidsåtgången vid dessa arbetsmoment.

Arbetsmomentet lastning var det mest tidskrävande och stod för 39 % av den totala tidsåtgången vid utskotningen (tabell 7). Detta stämmer överens med vad Kuitto m.fl. (1994) kom fram till. Varför lastningen varit tidskrävande beror på en hög grad av samlastning, i medeltal har det varit fyra olika sortiment per lass. Både Manner m.fl. (2013) och Nurminen m.fl. (2006) hittade att tidsåtgången för lastning ökar med ökat antal sortiment på lasset. Varför tidsåtgången för lastningen signifikant påverkas av skotningsavståndet och inte av laststorleken beror på den låga koncentrationen av virke per lastningsstop. Men även för att det i medeltal bara lastades 0,98 stockar vid varje lastningsstop. 0,98 stockar per krancykel beror på att skotarföraren var tvungen att bryta av träd, flytta på saker, lastade fel stock som lastades av igen m.m., vilket lede till krancykler utan att en lastad stock (tabell 4). Det finns delade meningar huruvida tidsåtgången för lastning är beroende av stockkoncentrationen eller inte. Bergstrand (1985), Gullberg (1997 a & b) och Manner m.fl. (2013) har hittat att tidsåtgången inte är beroende av stockkoncentrationen medan Kuitto (1990), Kuitto m.fl. (1994) och Nurminen m.fl. (2006) hittade att lastningstiden minskar som en funktion av lastad volym per lastningsstop. Detta gör att det är svårt att säga om det var stockkoncentrationen som var den huvudsakliga påverkande variabeln i detta fall eller om den bara var en del av förklaringen till tidsåtgången.

Endast för arbetsmomentet lossning var laststorleken den variabel som signifikant påverkade tidsåtgången, men laststorleken hade bara en förklaringsgrad på 66,72 % (figur 10). Den lägre förklaringsgraden beror på att tidsåtgången vid lossning påverkas av hur många sortiment som lastas samtidigt, i detta fall var det i medeltal fyra olika sortiment per lass. Stockarna lastades eftersom de låg i skogen vilket innebar det att sortimenten låg oorganiserat på lasset och ju fler sortiment som var lastade desto mer körning blev det fram och tillbaka på avlägget. Detta innebär indirekt att transportsträckan på avlägget blir en påverkande variabel för tidsåtgången vid lossning. Detta stämmer överens med Bergstrand (1985), Nurminen m.fl. (2006) och Manner m.fl. (2013) eftersom de hittade att tidsåtgången för lossning ökar som en funktion av antal sortiment i lasset.

Produktiviteten i denna studie var låg, den var i medeltal hälften av produktiviteten i gallring hittad i Nurminen m.fl. (2006) studie. Detta beror på det låga genomsnittliga lastutnyttjandet (tabell 3) och den lägre medelhastigheten, eftersom skotarproduktivitet är en funktion av laststorlek och tidsåtgång per lass (Gingras & Favreau, 2005). Samt att Nurminen m.fl. (2006) utgick från ett medelskotningsavstånd på 500 meter medan medelskotningsavståndet i denna studie var 800 meter.

Lastbilstransport

För arbetsmomenten körning tom och körning fullastad var det transportavståndet som signifikant påverkade tidsåtgången. För arbetsmomenten lastning och lossning var det laststorleken som signifikant påverkade tidsåtgången. Medelhastigheten för körning tom och körning fullastad samt medeltidsåtgången per arbetsmoment var i linje med tidigare studier med liknade vägförhållanden (Nurminen & Henionen, 2007). Sammantaget skiljde sig inte lastbilstransporten i denna studie med vanligt arbete för självlastande timmerbilar.

Produktiviteten i denna studie var lägre än vid vanlig kommersiell timmertransport. Tidsåtgången och fördelningen mellan de olika arbetsmomenten var i linje med tidigare studier (Korpilahti, 2004; Nurminen & Henionen, 2007; Laitila m.fl., 2009), men den lägre produktiviteten beror på att medellaststorleken i medeltal var 38 % lägre i denna studie jämför med tidigare studier (Korpilahti, 2004; Nurminen & Henionen, 2007; Laitila m.fl., 2009).

Inskotningen

Det går inte att jämföra inskotningen med tidigare studier eftersom det inte finns några dokumentationer om virke som skotas in i ett bestånd. Tekniskt sett är det inte stor skillnad att köra virke från väg till skog jämfört med från skog till väg. Detta eftersom körning tom och körning fullastad blir densamma de bara byter riktning medan i denna studie liknar lastning kommersiell lossning och vice versa. Därför har resultaten från lastningen i denna studie jämfört med resultaten från lossningen i tidigare studier och resultaten från lossningen i denna studie jämfört med resultaten från lastningen i tidigare studier.

För arbetsmomenten körning tom och körning fullastad var det skotningsavståndet som signifikant påverkade tidsåtgången. Medelhastigheten per lass i denna studie var 16 % lägre jämfört med Gullberg (2001). Som nämndes tidigare var det skotningsavståndet och hastigheten som påverkade tidsåtgången. Detta innebär att det mest troligt är geofysiska faktorer som kan förklara skillnaderna i medelhastigheterna eftersom föraren bara i viss grad kan påverka tidsåtgången vid dessa arbetsmo-

ment. Under de fyra sista lassen i denna studie kördes merparten av skotningsavståndet efter asfalterad väg vilket resulterade i medeltal 50 % högre medelhastighet jämfört med terrängtransporten, men terrängtransportens värden ligger i linje med Spinelli & Magagnotti (2010) och Strandgard & Mitchell (2015).

För arbetsmomenten lastning och lossning var det laststorleken som signifikant påverkade tidsåtgången. Först lastades många olika sortiment som innebar mycket körning fram och tillbaka på avlägget, eftersom naturvärdesträden skulle ligga under och de intermediära lågorna överst. När de sex första lassen exkluderades blev det en mycket hög förklaringsgrad mellan laststorlek och tidsåtgång. Det blev mycket effektivare och smidigare både vid lastning och lossning med färre sortiment per lass. Detta eftersom körningen på avlägget minimerades samt behövdes inte stockar flyttas runt på lasset för att lasta av rätt stock på rätt plats. Tidsåtgången för lastning var i linje med lossning i tidigare studier (Strandgard & Mitchell, 2015). Tidsåtgången vid lossning var ungefär 38 % högre i denna studie jämfört med lastning i tidigare studier (Strandgard & Mitchell, 2015). Den högre tidsåtgången och den lägre förklaringsgraden för lossningsarbetet beror mest troligt på att rundslungan som kördes för att lasta av stockarna var mellan 100-150 meter lång och många gånger behövde skotarföraren köra två varv.

Produktiviteten var i linje med tidigare studier (Anon, 2000; Spinelli & Magagnotti, 2010). De tidigare studierna analyserade skotningsarbetet med ett medelskotningsavstånd på 400 respektive 500 meter. Produktiviteten från denna studie beräknades på ett skotningsavstånd på 500 meter med hjälp av ekvation 5 under rubriken 3.2.1.

Sortimentens påverkan på tidsåtgången

Lastbilstransport

Sortimentens olika nedbrytningsgrader påverkade inte tidsåtgången vid lastingen utan det var stockarnas längd, volym och placering på avlägget som påverkade tidsåtgången. Detta eftersom tre meter långa stockar lätt ramlade ner mellan bankarna och vissa sortiment var placerade på flera ställen vilket medförde olika mycket förflyttningar för sortimenten. Volymen påverkade tidsåtgången eftersom av de mindre sortimenten kunde flera stockar lastas samtidigt (som mest sju stockar) medan de grövre sortimenten kunde de max lastas två stockar samtidigt (tabell 8).

Inskotning

Lastningstiderna för de olika sortimenten påverkades av trädslagen men inte av sortimenten. ANOVA analysen visar att tidsåtgången för tall var signifikant högre än tidsåtgången för gran. Detta beror mest troligt på skillnaden i medelstocksvolym mellan de två trädslagen, tallen hade i medeltal 30 % större volym per sortiment i

förhållande till granen (tabell 8). Dataanalyserna och observationerna från tidsstudien pekar på att det som påverkade lastningstiderna var volymen på stockarna. Detta eftersom ibland lastades två stockar per krancykel av klenare sortimenten medan det var problematiskt att bara lasta en stock av de grövre sortimenten.

Detta visar att stockarnas volym påverkar tidsåtgången medan sortimentens nedbrytningsgrad har liten eller ingen betydelse för tidsåtgången vid förflyttningen av död ved. Detta är positivt eftersom det återfanns flest hänsynskrävande arter på de mest nedbrutna stockarna. Till framtida kompensationsprojekt kan man tänka på att ha tätare mellan bankarna på maskinerna eller längre stockar, för att motverka att stockar ramlar ner vilket tar extra tid. Planera och strukturera upp avlägget innan utskotningen börjar, så att det blir en trave av varje sortiment och att de sortiment som ska lastats underst på lastbilen är placerat först på avlägget. Detsamma gäller avläggen vid kompensationsområdet som lastbilen skapar.

4.1.3 Kostnader och känslighetsanalyser

För kommersiellt skogsbruk med skördare, skotare och lastbilstransport är kostnaden cirka 250 kr per m³fub vid ett skotningsavstånd på 450 meter och ett transportavstånd på 10 mil (Burström & Johansson, 2012). Vid en medelstocksvolym på 0,24 m³f som vid denna studie skulle det motsvara en kostnad på 60 kronor per stock. Det innebär att kostnaden per stock i konventionellt skogsbruk är ca 14 gånger billigare jämfört med referensscenario-kostnaden per stock i denna studie och ca 7 gånger billigare jämfört med kostnaden per stock i potentiella förbättringsnivå 3. Det är ju givetvis en haltande jämförelse eftersom det är olika typer av förberedelser och arbete som har tagits med i kostnadsjämförelsen, men det visar tydligt att denna typ av kompensationsåtgärder är betydligt mer kostsam per hanterad stock jämfört med konventionellt skogsbruk.

Känslighetsanalyserna påvisar att det dyrast att transportera virke vid inskotningen. Det kostar 15 % mindre vid utskotningen och 99 % mindre vid lastbilstransporten för samma sträcka. För att minska kompensationsprojektets kostnad måste sträckan vid inskotningen försöka minimeras. Det som gör inskotningen kostsam är den låga produktiviteten, de långa sträckorna kombinerat med det lilla lastutrymmet gör det ineffektivt att transportera virke. Kostnaderna skulle minska om en skotare med större lastutrymme användas eftersom det skulle öka produktiviteten. Detta måste dock sättas i relation till hur mycket påverkan på beståndet och terrängen som är acceptabelt, eftersom större maskiner innebär bredare stickvägar och större marktryck. Marktryck tillsammans med skogsmarkens bärighet är huvudorsakerna till

varför det blir markskador (Wågberg, 2001). Markskador går dock att undvika genom att köra när marken är frusen, men är skotaren för stor finns inget annat alternativ än att avverka bredare basvägar.

Känslighetsanalyserna påvisar att totalakostnaden per stock påverkas marginellt av ökade transportavstånd för de olika arbetsfaserna utskotning, lastbilstransport och inskotning. Detta beror på att arbetsmomenten körning tom och körning fullastad i medeltal upptagit 35 % av den totala tidsåtgången (tabell 7) och att de rörliga kostnaderna för dessa arbetsmoment endast är en liten del av timkostnaderna för maskinerna.

Det finns besparingspotentialer om förbättringsförslagen anammas, med relativt liten ansträngning innan det praktiska arbetet påbörjas borde det vara möjligt att sänka kostnaderna med 15 % per stock (se tabell 12). Bara genom att planera och strukturera upp avlägget och arbetsmetodiken innan arbetet börjar kan man minimera stillestånd och körning under lastning och lossning. Det skulle underlätta arbetet om alla involverade i projektet var med på uppstartsmötet för att få information om projektet samt vad som ska göras och hur de ska genomföras. Detta skulle räta ut många frågetecken redan innan och minska diskussionstiden under arbetets gång, eftersom mycket tid under detta kompensationsprojekt har gått till funderingar om hur arbetet ska genomföras.

Forskningsfokuset i detta kompensationsprojekt bidrog till en stor del av kostnaden per stock, vilket vid framtida kompensationsprojekt eventuellt inte kommer ingå. Forskningsprojektet är dock en viktig del för framtida kompensationsprojekt, för att få vetskap om de ekologiska effekterna av dessa åtgärder. Det är viktig information för om ekologiska kompensationsprojekt ska godkännas av mark- och miljödomstolen måste det finnas bevis att åtgärderna fungerar ändamålsenligt och ger god ekologisk nytta. Forskningsprojektet kommer att bidra och hjälpa de som blivit ålagd att genomföra ekologisk kompensation med riktlinjer att följa och luta sig mot när det ska ta fram en kompensationsplan. Genom att kombinera resultaten av de ekologiska effekterna med denna studies ekonomiska analyser kommer det i framtiden gå att analysera kostnadseffektiviteten av de olika kompensationsåtgärderna.

4.2 Framtida tillämpning

Ekologisk kompensation tror många kommer att bli vanligare i framtiden. Detta tror många eftersom Sverige är beroende av gruvnäring, skogsbruk och vattenkraft för en fortsatt hög levnadsstandard och välfärd. Om dessa näringar behöver exploatera ekologisk värdefulla marker för fortsatt verksamhet måste ekonomi och välfärd sättas i relation till de ekologiska nyttorna. Många tror att ekonomi och välfärd kommer att väga tyngre i relation till ekologiska nyttor (Von Essen, 2015a). Vi kommer behöva vara resurseffektiva i framtiden, även vid ekologisk kompensation. Detta arbete är ett bidrag till detta, så att kompensationsåtgärder i framtiden kan genomföras på effektivast möjliga sätt, genom att ta fram och använda underlag för kostnadsberäkning samt arbetsbeskrivningar. Med information om hur många stockar som ska flyttas, vilka maskiner som ska användas och ungefärligt skotnings- och transportavstånd kan det med hjälp av detta arbete estimeras en total kostnad samt kostnad per stock.

Denna studie har genomförts i samband med ett långsiktigt forskningsprojekt för att utvärdera de ekologiska nyttorna av flytt av död ved. Därför ska man inte avskräckas av kostnaderna utan se till känslighetsanalyserna, om forskningsprojektet exkluderas och förbättringsförslagen från utförarna anammats kan referenskostnaden halveras. Vilka delar och detaljer som är viktiga för den ekologiska nyttan kommer senare belysas i SLUs rapport som då kan sättas i relation till kostnadsberäkningarna från denna studie. Detta bör genomföras för att kunna göra en avvägning/bedömning om vilka delar/detaljer som är viktiga och som bör prioriteras t.ex. om det visar sig att barken inte bidrar till att öka den ekologiska nyttan kan man använda en skördare vid avverkningen istället för skogsarbetare osv.

Vilken kvalitet man vill/ behöver på kompensationsprojektet påverkar också den slutgiltiga kostnaden. Vid denna studie har utläggningsområden och substrat att flytta valts ut med stor omsorg och hög kvalitet. Om färre sortiment av mindre ekologisk kvalitet ska flyttas t.ex. bara naturvärdesträd kommer kostnaden att minska. Vid val av maskiner till framtida kompensationsprojekt bör man prioritera och sätta ekonomi i relation till den ekologiska nyttan. Om det är viktigt att minimera markskador och stickvägsandel i beståndet är små skotare som Terri ATD ett bra alternativ. Mindre maskiner är även ett bra alternativ eftersom de kan köra på fuktigare marker året om och slingra sig fram i bestånden utan att behöva såga ner träd för att ta sig fram. Det är många fabrikat som tillverkar små skotare som löst bärigheten genom att applicera band (Brunberg & Lundström, 2011; Löfgren, m.fl., 2011). Är det däremot ekonomi och produktivitet som prioriteras är det bättre att använda en kommersiellmaskin som Komatsu 865.

Tillgängligheten för olika typer av maskiner kan variera vilket påverkar och kan styra valet av maskin eftersom det blir dyrt om en specialmaskin måste köpas in eller transporteras långt.

Val av avverkningsmetod måste sättas i relation till den ekologiska nyttan och ekonomi. Både avverkningen och utskotningen skulle effektiviseras om en skördare användes för att avverka och aptera träden istället för skogsarbetare. Utskotningen skulle effektiviseras eftersom skördare lägger virket i koncentrerade högar (Laitila m.fl., 2007), men detta måste vägas mot den ekologiska nyttan att inte skada barken.

4.3 För- och nackdelar med studiemetodiken

Det har vid min vetenskap aldrig tidigare utförts någon liknande studie, därför är denna studie intressant eftersom den ger en uppfattning om kostnadsförhållandena vid ekologiska kompensationsprojekt. Maskinerna kördes i huvudsak av samma förare endast självlastande timmerbilen kördes av två förare. Alla personer som utfört något arbete i denna studie har lång arbetslivserfarenhet och bedömdes var yrkesmässigt skickliga. Förarnas erfarenhet och skicklighet har mest troligt minimerat effekten av den mänskliga faktorn och inlärningskurvan för den nya arbetsmetodiken (Vöry, 1954; Purfürst, 2010; Purfürst & Erler, 2011). Data i denna rapport kommer från empiriska fältstudier (observationsstudie) samt intervjuer. Trots att fältförsöken inte varit experimentella och kontrollerade har de effektivt fångat upp påverkande variabler på tidsåtgången. Dock kommer resultatet bli annorlunda med andra förare, andra terrängförhållanden och andra maskiner. Som nämnts ovan har känslighetsanalyser genomförts där referensscenariot kompletterades för att framtida kompensationsprojekt som inte kommer innefatta forskningsprojekt och som anammat lärdomarna från denna studie, ska få ett realistiskt kostnadsutfall. Där gjordes även analyser kring hur förändrade skotnings- och transportavstånd kombinerat påverkar kostnaden per stock.

Data från en renodlad observationsstudie innehåller en ökad mängd okontrollerad variation vilket försvårar isoleringen av påverkande variabler på tidsåtgången jämfört med en experimentell studie (Lindroos & Wästerlund, 2013). För att komma upp i samma datakvalité som vid experimentella studier behövs betydligt större kvantitet data för att rättvist kunna visa vilka variabler som påverkade tidsåtgången. Kvantiteten data i denna studie är relativt liten i och med att det endast skedde 26 observationer vid utskotningen, 6 observationer vid lastbilstransporten och 17 observationer vid inskotningen. Det låga antalet observationer var på grund utav tidsbrist men även att lastbilstransporten är en totalobservation. Data om bland annat

tidsåtgången per arbetsmoment, hastighet, totala skotningsavståndet m.m. skulle kunna samlats in genom automatiskt uppföljningsdata från skotaren, en metod som nyligen blivit möjlig (Manner m.fl., 2016 a & b). Det hade minimerat den mänskliga faktorn som felkälla vid datainsamlingen samtidigt som det sparats tid och pengar eftersom en studiemann inte behövts vid ut- och inskotningen.

Sortimentens medelstocksvolym beräknades som en cylinder med stockens mittdiameter, med antagandet att avsmalningen jämnar ut sig. Detta gjordes på grund ut av tidsbrist samt för att det inte fanns något skördardata att tillgå eller mätningar från VMF (virkesmättningsförening).

4.4 Behov av fortsatta studier

I framtida skulle det vara intressant att göra en experimentell studie där de olika påverkande variablerna kan kontrolleras. Skulle vara intressant att jämföra olika maskinfabrikat och modeller för att se vilken som är mest lämpad att använda vid ett ekologiskt kompensationsprojekt. Då även studera olika kranmodeller och gripmodeller för att hitta den optimala kombinationen som är effektiv samtidigt som skador på stockarna minimeras. Eftersom mindre maskiner är känsligare mot längre skotningsavstånd pga. mindre laststorlek (skotarproduktivitet är en funktion av laststorlek och tidsåtgång per lass (Gingras & Favreau, 2005)) och det i denna studie har varit långa skotningsavstånd, skulle det vara intressant att studera hur dess produktivitet hade förändrats med en påhängsvagn (Lindroos & Wästerlund, 2013). Skulle vara intressant att undersöka hur tidsåtgången och kvalitén på stockarna hade påverkas om avverkningen skett med en skördare istället för motormanuellavverkning. Vid ett senare steg skulle det vara intressant att undersöka bränsleförbrukningen i skotarna (Nordfjell m.fl., 2003). När resultaten från de kortsiktiga och långsiktiga ekologiska effekterna kommer skulle det vara intressant att jämföra de resultaten med kostnadsanalyserna i denna studie. Detta skulle exempelvis kunna visa om det går att öka de ekologiska nyttorna med små ekonomiska medel, eller om det endast ger marginellt ökade ekologiska nyttor om extra, och därmed fördyrande, åtgärder genomförs. Att i framtiden kombinera ekologiska och ekonomiska studier anses därför som viktigt, för att på bästa sätt utnyttja våra gemensamma resurser.

4.5 Slutsatser

Denna studie bidrar med ett underlag för kostnadsberäkning och effektivt genomförande av framtida ekologiska kompensationsprojekt. Detta görs i form av kostnadsekvationer, samt redovisning, beskrivningar av och erfarenheter från det utförda arbetet.

För att kunna hantera det största och tyngsta stockarna mer varsamt vid inskotningen, skulle det behövas en något större maskin än vad som användes i denna studie. Ökat medeltransportavstånd för arbetsfaserna utskotning, lastbilstransport och inskotning påverkar den totala kostnaden per stock marginellt.

Kostnaden för ekologisk kompensation var ca 14 gånger högre i denna studie jämfört med kommersiellt skogsbruk. Om forsknings arbetet exkluderas, förbättringsförslagen anammas och arbetsmetodiken effektiviseras kan man potentiellt halvera kostnaden för ekologisk kompensation jämfört med kostnaden i denna studie.

Ingen storskalig flytt av död ved har tidigare dokumenterats, och eftersom ekologisk kompensation är ett relativt nytt begrepp som inte studerats i boreala skogar tidigare krävs det mer forskning i området för att kunna uttala sig mer specifikt om ämnet. Denna studie, kombinerat med studien om de kortsiktiga och långsiktiga ekologiska nyttorna, är en grund och början till den fortsatta forskningen om ekologisk kompensation.

Referenslista

- Alakangas, L., Bark, G., Ericsson, M., Martinsson, O., Söderholm, P., Wanhainen, C., Weihed, P., Widerlund, A. & Öhlander, B. (2014). *Norrbottens malm- och mineralresurs och dess potentiella betydelse för innovation, samhälle och miljö*. Luleå: Luleå tekniska universitet (LTU)(NYPS id 177 560). Tillgänglig: <http://ltu.diva-portal.org/smash/get/diva2:997442/FULLTEXT01.pdf> [2017-09-01]
- Albrektson, A., Elfving, B., Lundqvist, L. & Valinger, E. (2012). *Skogsskötsel grunder och samband*. Skogsskötselserien nr 1. Skogsstyrelsen
- Anon. (2000). The Vimek 606D mini-forwarder. *Forest research, an agency of the forestry commission, technical development branch*. Information note, ODW 7.12a.
- Bengtsson, J., Angelstam, P., Elmqvist, T., Emanuelsson, U., Folke, C., Ihse, M., Moberg, F. & Nyström, M. (2002). *Reserves, Resilience and Dynamic Landscapes*. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Stockholm Universitet. Inst. Bevarande biologi, Inst. System ekologi.
- Bergstrand, K.-J. (1985). *Underlag för prestationsmål för skotning*. Skogsarbeten redogörelse 7 1985. Forskningsstiftelsen skogsarbeten. Uppsala. 27 p.
- Boliden AB (2017a). *Metaller för det moderna samhället*. Tillgänglig: <http://www.boliden.com/sv/verksamhet/> [2017-09-05]
- Boliden AB (2017b). *Världens mest effektiva koppardagbrott*. Tillgänglig: <http://www.boliden.com/sv/verksamhet/gruvor/boliden-aitik/> [2017-08-31]
- Brunberg, T. & Lundström, H. (2011). *Studier av TimBear lightlogg C i gallring hos Stora Enso Skog våren 2011*, Uppsala: Skogforsk. Arbetsrapport nr 748.
- Burström, A. & Johansson, K. (2012). *Kostnader vid gallring med flerträdshanterande aggregat, från skog till industri*. Sveriges lantbruksuniversitet. Inst. Skogens ekologi och skötsel/ Jägmästarprogrammet (Kandidatarbete i skogsvetenskap 2012:9)
- Ekonomifakta (2017). *Elanvändning*. Tillgänglig: <http://www.ekonomifakta.se/Fakta/Energi/Energibalans-i-Sverige/Elanvandning/> [2017-09-02]

- European Environment Agency (2006). *Progress towards halting the loss of biodiversity by 2010*. Köpenhamn: European Environment Agency (Rapport No 5/2006).
- Formelsamlingen (2017). *Cylinder*. Tillgänglig: <https://www.formelsamlingen.se/alla-amnen/matematik/geometri/cylinder> [2017-09-22]
- Forsberg, A., Forsgren, A., Lindmark Burck, S., Granér, A., Josefsson, T., Nordin, J., Nordlund, E. & Nordlund, M. (2016). *Kompensationsplan utökning sandmagasin Aitik*. Opublicerat manuskript. Gällivare: Boliden mineral AB.
- Forsberg, M. (2012). *Skogen som livsmiljö: En rättsvetenskaplig studie om skyddet för biologisk mångfald*. Uppsala universitet. 326 pp. Uppsala. ISBN 978-91-506-2297-3.
- Franc, N. (2014). *Påverkan och kompensationsåtgärder för revlumner och åkergröda vid Airport city*. Härryda kommun: Naturcentrum AB (Naturcentrum AB rapport 2014-08-21). Tillgänglig: <http://www.harryda.se/download/18.7498a1d148d0f7cd54b7b/1440080810870/Landvetter+rapport+grod+o+lummer+2014+.pdf> [2017-09-04]
- Gingras, J.F. & Favreau, J. (2005). Effect of log length and number of products on the productivity of cut-to-length harvesting in the boreal forest. *Advantage*, vol.6, no.10: pp 1–8.
- Gullberg, T. (1997a). A deductive time consumption model for loading shortwood. *Journal of Forest Engineering*, vol. 8, no. 1: pp 35–44.
- Gullberg, T. (1997b). *Tidsåtgångsmodell förskotning*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsteknik, uppsatser och resultat 297. 29 p.
- Gullberg, T. (2001). *Smaller forestry machines (to contribute to more eco-friendly and flexible forestry management systems) - a feasibility study*. Högskolan Dalarna, Avdelningen för skog och träteknik, Arbetsdokument nr 8.
- Henriksson, T. (2016). *Grön infrastruktur i skogsbruket - underlag för planering och prioritering av miljöhänsyn*. Sveriges lantbruksuniversitet. Inst. Skogshushållning/ Skogsmästarprogrammet (Examensarbete 2016:32) Tillgänglig: https://stud.epsilon.slu.se/9909/1/henriksson_t_20170102.pdf [2017-09-14]
- Kjellin, P. (2001). *Skogspolitiken idag – en beskrivning av den politik och övriga faktorer som påverkar skogen och skogsbruket*. Jönköping: Skogsstyrelsen. (Rapport/ Skogsstyrelsen, 2001:8B).
- Komatsu forest AB (2017). *Komatsu 875, A forwarder in a class of its own*. Tillgänglig: <https://www.komatsuforest.com/Products/Our-Forwarders/875> [2017-09-15]
- Korpilahti, A. (2004). Oksapaalien autokuljetus [Truck transportation of logging residue bundles]. *Metsätehon raportti*, vol. 169: 25p. [På finska, engelsk sammanfattning].

- Kuitto, P.-J. (1990). Metsäkuljetus harvesterin jälkeen. [Forest haulage after mechanized cutting]. *Metsätehon katsaus. Metsäteho, Helsinki*. 6 p. [på finska, engelsk sammanfattning].
- Kuitto, P.-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä J. (1994). Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. [Mechanized cutting and forest haulage]. *Metsätehon tiedotus 410. Metsäteho, Helsinki*. 38 p. [på finska, engelsk sammanfattning].
- Laitila, J., Asikainen, A. & Nuutinen, Y. (2007). Forwarding of whole trees after manual and mechanized felling bunching in pre-commercial thinnings. *International Journal of Forest Engineering*, vol.18, no. 2: pp 29-39.
- Laitila, J., Kärhä, K. & Jylhä, P. (2009). Time consumption models and parameters for off- and on-road transportation of whole-tree bundles. *Baltic Forestry*, vol. 15, no. 1: pp 105-114.
- Lantz, A. (1993) *Intervjumetodik*. Studentlitteratur, Lund.
- Lindroos, O. & Wästerlund, I. (2013). *Utvärdering av skotning med påhängsvagn*, Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Rapport 1 2013.
- Lindroos, O. (2017). *Introduktion till Arbetsstudier, Kompendium till momentet Arbetsstudier i kursen Skogsteknologi (SG0160), VT 2017*. Opublicerat manuskript. Institutionen för skogens biomaterial och teknologi. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet [2017-09-19]
- Lothigius, J. (2006). *Naturvård i förändring*. Stockholm: Naturvårdsverket. (Rapport/ Naturvårdsverket, 2006-04).
- Löfgren, B., Englund, M., Fogdestam, N., Jönsson, P., Lundström, H. & Wästerlund, I. (2011). *Spårdjup och vibrationer för banddrivna skotare Lightlogg C och ProSilva*, Uppsala: Skogforsk. nr 736.
- Magagnotti, N. och Spinelli, R. (red.). (2012). *Good practice guidelines for biomass production studies*. Sesto Fiorentino, Italy, Sesto Fiorentino, Italy: CNR IVALSÀ.
- Manner, J., Nordfjell, T. & Lindroos, O. (2013). Effects of the number of assortments and log concentration on time consumption for forwarding. *Silva Fennica*, vol. 47, no. 4, article ID 1030, 19 p.
- Manner, J., Nordfjell, T. & Lindroos, O. (2016a). Automatic load level follow-up of forwarders' fuel and time consumption, *International Journal of Forest Engineering*, vol. 27, no.3: pp 151-160, DOI: 10.1080/14942119.2016.1231484
- Manner, J., Palmroth, L., Nordfjell, T. & Lindroos, O. (2016b). Load level forwarding work element analysis based on automatic follow-up data. *Silva Fennica*, vol. 50, no. 3 article id 1546. 19 p.
- Marissink, M. (2008). Mångfaldens värden. *Biodiverse*, Nr 4 2008. Tillgänglig: <http://www.biodiverse.se/articles/mangfaldens-varden/> [2017-09-15]

- Nationalencyklopedin (2017). *Aitikgruvan*. Tillgänglig: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/aitikgruvan> [2017-08-31]
- Naturvårdsverket (2015). *Tillämpning av miljöbalkens bestämmelser om ekologisk kompensation En kartläggning*. Stockholm: Naturvårdsverket (Rapport 6667, mars 2015). Tillgänglig: <http://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:919281/FULLTEXT01.pdf> [2017-09-07]
- Naturvårdsverket (2016a). *CBD – Konvention om biologisk mångfald*. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/cbd> [2017-09-15]
- Naturvårdsverket (2016b). *Död ved i skogslandskapet*. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Stod-imiljoarbetet/Vagledningar/Miljoovervakning/Bedomningsgrunder/Skogslandskap/Dod-ved/> [2017-09-17]
- Naturvårdsverket (2016c). *Ekologisk kompensation En vägledning om kompensation vid förlust av naturvärden*. Stockholm: Naturvårdsverket (Handbok, 2016:1 Utgåva 1) Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-0179-7.pdf?pid=17257> [2017-09-10]
- Nordfjell, T., Athanassiadis, D. & Talbot, B. (2003). Fuel consumption in forwarders. *International Journal of Forest Engineering*, vol.14, no.2: pp 11–20.
- Nurminen, T., Korpunen, H. & Uusitalo, J. (2006). Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. *Silva Fennica*, vol. 40, no. 2: pp 335–363.
- Nurminen, T. & Heinonen, J. (2007). Characteristics and time consumption of timber trucking in Finland. *Silva Fennica*, vol. 41, no. 3: pp 471–487.
- PEFC (2013). *Bakgrund*. Tillgänglig: <http://pefc.se/bakgrund/> [2017-09-15]
- Purfürst, T. (2010). Learning curves of harvester phases. *Croatian Journal of Forest Engineering*, vol. 31, no. 2: pp 89–97.
- Purfürst, T. & Erler, J. (2011). The human influence on productivity in harvester phases. *International Journal of Forest Engineering*, vol. 22 no.2: pp 15-22.
- Ranius, T., Caruso, A., Jonsell, M., Juutinen, A., Thor, G. & Rudolphi, J. (2014). Dead wood creation to compensate for habitat loss from intensive forestry. *Biological Conservation*, 169, pp 277-284.
- Roberge, J. (2017). *Vad vet vi om naturvårdsnyttan med ekologisk kompensation? Behov av forskningsinfrastruktur kring ekologisk kompensation i boreal skog*. Opublicerat manuskript. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Inst. för vilt, fisk och miljö [2017-05-07]

- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, S., Lambin, E., Lenton, T., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H., Nykist, B., Wit, C., Hughes, T., Van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R., Fabry, V., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. & Foley, J. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461, pp 472-475, 24 September. DOI:10.1038/461472a
- Scania (2017). *R-Serien total prestanda*. Tillgänglig: <https://www.scania.com/se/sv/home/products-and-services/trucks/our-range/r-series.html> [2017-09-21]
- Skogssällskapet (2017). *Ekologisk kompensation*. Tillgänglig: https://www.skogssallskapet.se/artiklar--reportage.html?tag=Ekologisk+kompensation&gclid=Cj0KCQjwiqTNBRDVARIsAGsd9Mp5AuhkiiY67bEKB1p-cftYqFkTtURtlsmEno81JMYiJtXjugfgRAXsaAiLDEALw_wcB [2017-09-04]
- Spinelli, R. & Magagnotti, N. (2010). Performance and cost of a new mini-forwarder for use in thinning phases. *Journal of Forest Research*, vol.15, no. 6: pp 358-364.
- Statistiska centralbyrån (2017). *Svensk ekonomi är beroende av exporten*. Tillgänglig: <http://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/samhallets-ekonomi/export-och-import-av-varor-och-tjanster/> [2017-09-01]
- Strandgard, M. & Mitchell, R. (2015). Automated time study of forwarders using GPS and a vibration sensor. *Croatian Journal of Forest Engineering*, vol. 36: pp 175-184.
- Svensk gruvnäring (2014). *Sverige – Europas mesta gruvland*. Tillgänglig: <http://www.svemin.se/svensk-gruvnaring/fakta-om-svensk-gruvnaring/> [2017-09-02]
- Sveriges Geologiska undersökning (2016). *Bergverksstatistik 2015*. Stockholm: Sveriges geologiska undersökning (2016:1) Tillgänglig: <http://resource.sgu.se/produkter/pp/pp2016-1-rapport.pdf> [2017-09-01]
- Sveriges geologiska undersökning (2017). *Svenska malmgruvor*. Tillgänglig: <https://www.sgu.se/mineralnaring/svensk-gruvnaring/svenska-malmgruvor/> [2017-09-02]
- Torst, J. (2010) *Kvalitativa intervjuer, 4:e upplagan*. Studentlitteratur AB Lund
- Tranells Heby Terrängfordon, THT AB (1997). *Instruktionsbok TERRI ATD*. Chassi-nummer 19977008 samt fr.o.m 19977010.
- United Nations (1995). *Statement on biological diversity and forests from the convention on biological diversity to the intergovernmental panel on forests*. Jakarta, Indonesia: United Nations (COP 2 Annex to decision II/9 paragraf 6).
- Von Essen, M. (2015a). Göteborg kompenserar mindre hackspett. *Skogsvärden*, nr 4, pp 16-17, 11 december. Tillgänglig: <https://www.skogssallskapet.se/artiklar-->

- reportage/artiklar/2015-12-11-goteborg-kompenserar---mindre-hack-spett.html [2017-09-04]
- Von Essen, M. (2015b). *Habitat banking – nytt sätt att använda skogsmark?* Skogssällskapet, 1 mars. Tillgänglig: <https://www.skogssallskapet.se/artiklar--reportage/artiklar/2015-03-01-habitat-banking---nytt-satt-att-anvanda-skogs-mark.html> [2017-09-04]
- Von Essen, M. (2016). *Ekologisk kompensation i Valborgs ängar*. Skogssällskapet, 29 september. Tillgänglig: <https://www.skogssallskapet.se/artiklar--reportage/artiklar/2016-09-29-ekologisk-kompensation-i-valborgs-angar.html> [2017-09-04]
- Vöry, J. (1954). Eräiden metsätöiden aikatutkimusaineistojen analyysiä. [Analysis of time study materials of some forest jobs]. *Metsäteho, Julkaisu*, vol. 31: 117 p. [på finska, engelsk sammanfattning]
- Weslien, J. & Widenfalk, O. (2014). *Naturhänsyn*. Skogsskötselserien nr 14. Skogsstyrelsen.
- Wramner, P. & Nygård, O. (2010). *Från naturskydd till bevarande av biologisk mångfald – Utveckling av naturvårdsarbetet i Sverige med särskild inriktning på områdesskyddet*. Stockholm: Södertörns högskola. COMREC studies in Environment and Development No.2.
- Wågberg, C. (2001). *Miljöeffekter och omfattning av spårbildning vid slutavverkning*. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå, institutionen för skoglig resurshushållning. (Studentuppsatser nr.48).
- Wåhlstedt, H. (2017). *Ekologisk kompensation – Åtgärder för att motverka nettoförluster av biologisk mångfald och ekosystemtjänster, samtidigt som behovet av markexploatering tillgodoses*. Stockholm: Statens offentliga utredningar (SOU 2017:34). Tillgänglig: http://www.sou.gov.se/wp-content/uploads/2017/04/SOU-2017_34_webb.pdf [2017-09-15]

Personlig kommunikation

- Bjerner, J. (2017). Muntlig källa. Planeringsledare, Sveaskog, Överkalix.

Bilagor

Bilaga 1 Instruktion för identifiering samt flytt av vedsubstrat från påverkansområdet i Aitik till kompensationsområdet i Sarkanenä

Version 2017-06-30

1. Substrat från påverkansområdet: vedtyper och antal substrat av varje typ

Tabell 1. Typer av substrat som ingår i försöket.

Vedtyps kod	Trädslag	Vedtyp	Längd (m)	Min-max diameter (cm) ^a	Antal substrat som ska flyttas	Snitselfärger ^b
GLT	<u>G</u> ran	Gran <u>L</u> åga <u>T</u> idiga nedbrytningsstadier	4 (3–5) ^c	15-60	64	Blå + Blå
GLI	<u>G</u> ran	Gran <u>L</u> åga <u>I</u> ntermediära nedbrytningsstadier	3 ^d	15-60	64	Blå + Gul
GTor	<u>G</u> ran	Stock ur gran <u>T</u> orraka	4 (3–5) ^c	15-60	64	Blå + Blågul
GLev	<u>G</u> ran	Stock ur <u>L</u> evande naturvärdesgran	4 (3–5) ^c	15-60	64	Blå + Röd gul
TLT	<u>T</u> all	Tall <u>L</u> åga <u>T</u> idiga nedbrytningsstadier	4 (3–5) ^c	30-60	64	Röd + Röd
TLI	<u>T</u> all	Tall <u>L</u> åga <u>I</u> ntermediära nedbrytningsstadier	3 ^d	30-60	64	Röd + Gul
TTor	<u>T</u> all	Stock ur tall <u>T</u> orraka	4 (3–5) ^c	30-60	64	Röd + Blågul
TLev	<u>T</u> all	Stock ur <u>L</u> evande naturvärdestall	4 (3–5) ^c	30-60	64	Röd + Röd gul

^a Vedsubstratets diameter måste hålla sig mellan min- och maxvärdet över hela stock-/lågalängden.

Det vill säga att båda ändarna ska ha en diameter som ligger inom min-max-intervallet. Grövre substrat (så länge de är <60 cm) ska alltid prioriteras framför klenare substrat.

^b Detta färgsystem innebär att alla substrat med minst en ren blå snitsel är gran och alla substrat med en ren röd snitsel är tall

^c Helst 4 m men längder mellan 3 och 5 m är OK. Gör gärna grövre substrat kortare (d.v.s. närmare 3 m) för att de ska vara lättare att hantera och gör gärna klenare substrat längre (d.v.s. närmare 5 m) för att få mer volym.

^d Exakt 3 m.

Totalantalet substrat som ska flyttas (summan av kolumnen längst ut till höger) = $8 \times 64 = 512$

LT (Lågor i Tidiga nedbrytningsstadier):

Nedbrytningsklass DC1 enligt Gibb m.fl. (2005; Scand J Forest Res):

- Hård vedyta (morakniv penetrerar <1 cm i veden)
- För gran: bark intakt eller börjar lossna men sitter kvar på >50 % av ytan

LI (Lågor i Intermediära nedbrytningsstadier):

Nedbrytningsklass DC2 eller DC3 enligt Gibb m.fl. (2005; Scand J Forest Res), men ändå tillräckligt hård för att kunna tåla transport i 3 meters bitar:

- Mjuk vedyta (morakniv penetrerar >1 cm i veden)
- Vedyta jämn (DC2) eller med springor och söndriga bitar (DC3)
- För gran: bark kvar på <50 % av ytan (eller täcker >50 % men sitter löst från vedytan)

Tor (stock ur Torraka):

- Stående död träd med hård ved (morakniv penetrerar <1 cm i veden; dock inga krav på barktäckning)
- För tall: gärna kelotråd (som länge de är hårda)!

Lev (stock ur Levande naturvärdesträd):

- Trädet ska helst vara naturvärdesträd, annars ett mer trivialt träd av grövre diameter

Alla dessa substrat söks i påverkansområdet. **I första hand väljs substrat med fruktkroppar av rödlistade vedsvampar eller vedsvampar som är signalarter (se Skogsstyrelsens förteckning över signalarter). Denna inventering görs i september (gärna under sista halvan av månaden) för att maximera antalet arter med fruktkroppar (t.ex. ettåriga arter).**

Alla substrat märks i fält (med en enkel och enhetlig metod, t.ex. snitsel av en viss färg) så att avverkningslaget kan hitta dem. De som letar och identifierar de lämpliga substraten förbereder en "rutt" (med GPS och/eller karta) som avverkningslaget kan följa för att gå från träd till träd för att kapa substrat till rätt längder.

2. Avverkning och kapning av substraten till rätt längder

Vedsubstraten skapas/förbereds motormanuellt (inte med skördare) för att undvika skador på barken och veden:

- Alla torrakor och naturvärdesträd fälls motormanuellt;
- Alla vedsubstrat kvistas motormanuellt innan transport. Det är viktigt att undvika skador på barken/vedytan vid kvistningen;
- Alla vedsubstrat kapas motormanuellt till förbestämda längder (se Tabell 1);
- Det går bra att kapa flera stockar/lågbitar ur en och samma träd/låga (kan t.o.m. vara önskvärt för att spara tid). I så fall ska detta noteras så att man ska kunna (i efterhand) identifiera lågor/stockar som kommer från samma trädindivid.
-

3. Datainsamling och märkning av substraten i påverkansområdet inför flytt

När alla substrat har skapats (d.v.s. lågor har kapats till rätt längder och naturvärdesträd/torrakor har avverkats och kapats till rätt längder) görs ett nytt besök av alla substrat på plats i påverkansområdet. Detta kan göras i direkt anslutning till fällning/kapning.

Att notera för varje substrat:

- Unikt ID-nummer (ska vara utformat så att man kan urskilja objekt som härstammar från samma trädindivid)
- **Förteckning över alla fruktkroppar av alla tickor (oavsett signal- eller rödlistestatus) samt viktiga skinn och taggsvampar som är signalarter enligt Skogsstyrelsen.** Vid osäker artbestämning samlas kollekt in för senare artbestämning på labbet.

Varje substrat märks på plats med:

- En metallbricka med ID-nummer som består av vedsubstratkod och substratets nummer, t.ex. GLT-43. Metallbrickan förankras djupt in i veden på substratets kortända med en lång skruv för att den ska sitta kvar under hela transporten.
- Ett spännband med samma ID-nummer (skriven med permanent penna?) som extrasäkerhet (i fall brickan skulle falla loss under transporten). Detta är särskilt viktigt för lågor i intermediära nedbrytningsstadier, men görs för alla substrattyper för säkerhets skull.
- Snitsel/rågångsband/engångsspännband/partex av en färg (eller kombination av färger) som är unik för vedtypen, för att underlätta snabb identifiering av vedtyp vid utlägget i provytorna. Det behövs totalt 8 kombinationer, d.v.s. en färg/färgkombination för varje av de 8 vedtyperna. Se Tabell 1 för förslag på färger. En annan uppsättning av färger kan användas i samråd med forskarna.

- För lågor (GLT, GLI, TLT, TLI): Ett längsgående streck (0,5 m lång) sprejas i mitten på lågans ovansida så att lågan kan placeras med ovansidan upp vid vedutlägget i kompensationsområdet.

4. Flytt av substraten

Alla substrat flyttas till kompensationsområdet (Sarkanenä) enligt förbestämda metoder och transporteras till provytorna för utlägg. Flytt sker under sen höst/vinter 2017.

Substraten ska "blandas"/"randomiseras" så att inte alla substrat som flyttas till en viss yta kommer från samma ställe/träd i påverkansområdet.

All hantering ska ske varsamt för att minimera skador på barken och förlust av arter som sitter på vedytan. Detta gäller inte bara fällning, kvistning och skotning, utan även lastning på/av timmerbil.

5. Utlägg av substraten i ytorna i kompensationsområdet (Sarkanenä)

5.1 Antal substrat av varje typ per provyta

Veds substraten flyttas till totalt 20 provytor (provyteradie = 25 m) i Sarkanenä: 10 provytor med "utläggsnivå 1" (mindre död ved; motsvarar ungefär 25-30 m³f/ha utlagd ved) och 10 med "utläggsnivå 2" (mer död ved; motsvarar ungefär 80-90 m³f/ha utlagd ved). Här är antalen substrat som ska läggas ut i varje yta för att uppnå dessa volymer:

	Antal substrat per provyta (radie = 25 m)	
Vedtypskod	Utläggsnivå 1	Utläggsnivå 2
GLT	2	6
GLI	2	6
GTor	2	6
GLev	2	6
TLT	2	6
TLI	2	6
TTor	2	6
TLev	2	6
Summa per provyta	16	48

5.2 Förberedelser i varje yta

- Varje yta har en radie på 25 m. Ytans mitt är "mitträdet" som är märkt med provytenumret
- Ytans delas i 4 jämstora "pajbitar" genom att dra en linje i nordsyd-riktning och en linje i ostväst-riktning tvärs över ytan

OBS: Här krävs inte noggrannhet på decimeternivå när man definierar "pajbitarna". Felet ska dock inte överstiga ett par meter. Som hjälpmedel kan man snitsla ytans omkrets och de två tvärlinjerna.

5.3 Tillvägagångssätt för utlägget

Utläggsnivå 1: Två substrat av varje vedtyp per yta (se tabell ovan):

De 2 substraten av varje vedtyp ska läggas i två olika "pajbitar" som inte är granne med varandra (nordöstra och sydvästra, eller nordvästra och sydöstra).

Utläggsnivå 2: Sex substrat av varje vedtyp per yta (se tabell ovan):

Sprid ut de 6 substraten så att det blir 1-2 stycken av denna vedtyp i var och en av de fyra "pajbitarna". Det innebär att 2 pajbitar får 2 stycken och 2 pajbitar får 1 styck av en viss vedtyp.

Instruktioner för utlägg i provytorna:

- Ingen maskinkörning får ske i ytan (pga. risk att redan befintliga död ved körs sönder samt markskador), utan det är kranarmen som används för att placera substraten (maskinen kör runt ytan och placerar ut substraten i pajbitarna). I praktiken innebär det att vedsubstraten kommer att placeras inom 10-15 meter från ytans omkrets (d.v.s. kranarmens räckvidd);
- Vedsubstraten läggs ut helt innanför ytan (d.v.s. hela substratets längd ska ligga inom 25 m från provytans centrum);
- Vedsubstraten placeras så att de inte hamnar på varandra eller "korsar" varandra;
- Undvik att lägga vedsubstraten i depressioner och blöta fläckar (annars är det risk att de snabbt blir överväxta av mossor);
- Alla lågor (GLT, GLI, TLT, TLI) ska läggas så att ovansidan hamnar rätt. Detta görs genom att snurra lågan så att det sprejade längsgående strecket hamnar i mitten på ovansidan. (Detta är viktigt eftersom många vedsvampar växer enbart på lågans undersida. Läggs lågan ut åt fel håll så måste svampen utveckla nya fruktkroppar för att arten ska kunna sprida sig, vilket minskar sannolikheten att åtgärden fungerar...);
- Vedsubstraten ska hanteras varsamt så att alla identifieringsanordningar sitter kvar.

Bilaga 2. Intervjuresultaten

Naturvärdeskonsulten

Hur har du upplevt arbetet med ekologisk kompensation?

En upplevelse och intressant men samtidigt tråkigt att exploatera sådan här unik och värdefull mark med väldigt höga naturvärden som inte går att ersätta. Spännande och ambitiöst från Bolidens sida som har lagt ner mycket tid och pengar på att söka kvalitativa substrat. Har varit en speciell miljö att arbeta i eftersom det har varit mycket maskiner och folk i rörelse. Det hände mycket saker hela tiden över allt och det har varit en så gammal och vacker skog att arbeta i.

Vad har varit annorlunda jämfört med ditt vanliga arbete? Arbetsmetoder, tidsåtgång m.m.

Det har inte varit någon skillnad eftersom det dagliga arbetet består mycket av naturvårdinventeringar, miljörevisioner och på senare tiden ekologisk kompensation.

Vilket moment har tagit mest tid?

Märkningen av stockarna har tagit väldigt lång tid att göra. Det tog tre veckor att genomföra eftersom det skulle skruva in två metallbrickor d.v.s. 4 skruvar i varje stock, knyta två snitselband, spreja lågorna, artinventera alla skockar plus ta kort med nummer på varje stock. Det tog även lång tid att leta substrat innan eftersom hela skogen skulle letas igenom och det har varit en lång process med snabba ändringar vilket har lett till en del dubbeljobb. Exempelvis först letades substrat fram på den norra sidan om slingertransportvägen och när det var klart bestämdes det att den skogen skulle avverkas därför behövdes det hittas nya substrat på den södra sidan om vägen.

Vad har fungerat bra och vad har fungerat mindre bra under hela arbetet? Informationskedjan, arbetsmetodiken m.m.

Det mesta har fungerat bra men alla som skulle vara involverade på något sätt i kompensationsprojektet skulle varit med på uppstartsmötet. För att alla skulle få en uppfattning om hur mycket tid som lagts ner på detta projekt och hur viktigt det är att vara försiktig med stockarna (så att maskinförarna tar uppgiften på allvar). Om det bara kunde vara med på telefonlänk eller liknade hade varit bättre än ingenting. Men det har generellt fungerat bra med förarna. SLU ville att stockarna skulle flyttas under oktober för att alla insekter ska svärmat färdigt och lagt sig och vila inne i veden. Det var oturligt att alla andra projekt också startade då d.v.s. kraftlednings- och vägprojektet och avverkningen så att de började ta ned träd som skulle användas i projektet m.m. plus att det blev mycket väntande på andra maskiner m.m.

Vad finns det för förbättringspotentialer till framtida kompensationsprojekt? / vilka saker kan och bör utvecklas till framtida kompensationsprojekt?

Vet inte men som sagt att alla som skulle vara involverade i projektet på något vis skulle varit med på uppstartsmötet.

Hur gick det att köra ut död ved i Sjnjirrá?

Utkörningen av död ved i sijnjirrá den 10/5 -17.

Snödjup vid vedutlägg ca 70 cm, lägre (30-40 cm) på vissa ställen. Veden lades ut av samma skogsbolag som skotade ut den döda veden från påverkansområdet. Veden har noggrant placerats ut för att det ska se så naturligt som möjligt, d.v.s. lagt rotstock, mellanstock, topp för att det ska se ut som ett träd fallit. Torrfuror har placerats intill gamla huggna stubbar och högstubbar. Gran har i viss mån lagts i fuktigare delar. Enstaka lövträd har placerats ut (björk, sälg och asp). Har även försökt att skapa variation genom att lägga lågor på varandra, dels för att få upp vissa stockar från marken samt få koncentrationer av ved (figur 16).



Figur 16. Komastu 865 vid utlägningsförsöket av död ved i Sjnjirrá den 10/5 2017. Foto: Maria Nordlund.

Utlägget hade inte kunnat göras tidigare pga. snömängden enligt skotarföraren. Komatsu 865 skotare (samma som i påverkansområdet) användes på snö för att minimera markskador. Det behövdes bara en dag mellan kl. 07-14 att placera ut veden och då kördes det ut 6 lass med 13-15 m3f per lass. Naturvärdeskonsulten (som intervjuades) sa vart maskinföraren skulle lägga ut stockarna, det gick snabbt och smidigt att lägga ut stockarna. Det var plan mark och det var mycket kortare transportavstånd det var bara 50-80 meter till första ytan.

Skotningsavståndet uppskattades i medeltal till ungefär 500 meter per lass och då var cirka 100-200 meter efter väg. Det var mest naturvärdesträd av tall som lades ut d.v.s. levande träd som avverkas precis innan, lite naturvärdes träd av gran och löv lades också ut och lite torrträd, inga lågor. Ytorna som veden kördes ut till var mellan 1- 0,5 hektar stora. Träden som kördes ut till detta område var kapade med skördare vilket skadade barken lite grann.

Lärdomar från det praktiska arbete var bland annat att det skulle underlättat mycket med en mindre maskin vid utläggningen eftersom det då skulle komma åt att lägga ut stockar över hela området. Beståndet var i detta fall så pass glest att fungerade ganska bra att lägga ut veden i alla fall. Ibland blev det två rotstockar efter varandra vid utläggningen eftersom från början av avverkningen togs det bara ut rotstockar. Men också för att det var svårt hitta trädets alla delar vid avlägget och på lasset när man skulle lägga ut stockarna i skogen. Planeringen skulle kunna förbättras till nästa gång så att man redan vid avverkningen av träden vet hur man vill att stockarna ska läggas ut i kompensationsområdet. Eftersom det skulle underlätta hela vägen så att man tar ut rätt stockar, för att kunna planera hur avlägget ska utformas, och för att transporten på lastbil och skotare ska kunna ske så smidigt som möjligt.

Skogsarbetarna

Hur har du upplevt arbetet med ekologisk kompensation?

Har varit intressant och roligt att få göra någonting annat och annorlunda.

Vad har varit annorlunda jämfört med ditt vanliga arbete? Arbetsmetoder, tidsåtgång m.m.

Ingen stress när man går på timlön. Har varit lite annorlunda att avverka vägar för skotaren men det har hänt. Dock väldigt sällan att någon har gått framför skotaren och avverkat vägar det har bara hänt vid specialfall som vid t.ex. en storm eller likande.

Vilket moment har tagit mest tid?

Har varit som vanligt bara att kedjan blir fortare och lättaera slö när man ska såga lågor och likande på och mot marken, så har behövt slipa kedjan oftare än vanligt.

Vad har fungerat bra och vad har fungerat mindre bra under hela arbetet? Informationskedjan, arbetsmetodiken m.m.

Tycker att allting har fungerat bra och har fått löpande information om vad och hur det ska göra.

Vad finns det för förbättringspotentialer till framtida kompensationsprojekt? / vilka saker kan och bör utvecklas till framtida kompensationsprojekt?

Kommer inte på någonting som skulle kunna göras bättre varken metod mässigt eller med informationen eller med motorsågen.

Komatsu 865-föraren

Hur har du upplevt arbetet med ekologisk kompensation?

Har varit annorlunda men har varit roligt att få göra någonting annat.

Vad har varit annorlunda jämfört med ditt vanliga arbete? Arbetsmetoder, tidsåtgång m.m.

När man måste slingra sig fram mellan träden har varit annorlunda, oftast så har skördaren annars avverkat vägar innan.

Vilket moment har tagit mest tid?

Det har tagit tid att lasta och lossa eftersom man inte kan ta flera stockar åt gången. Stockarna i skogen ligger utspritt och ska hanteras så lite som möjligt vilket gör att de hamnar huller om buller på lasset. Detta försvårade lossningen eftersom stockarna ska sorteras sortimentsvis på avlägget, vilket innebär körning fram och tillbaka på avlägget till de olika högarna och bara lossa en och en.

Vad har fungerat bra och vad har fungerat mindre bra under hela arbetet? Informationskedjan, arbetsmetodiken m.m.

Det har fungerat bäst att ha en skogsarbetare som går framför och avverkar vägar vid lastning och då en som kan, d.v.s. en som vet vart maskinen kan köra och ta sig fram.

Snitslingen av träden har varit bra för att se sortiment och vart de ska på avlägget, men ibland har snitslarna suttit nästan på varandra eller lossnat vilket har gjort det svårt att se vart den ska någonstans på avlägget. Skulle ha tagit ut dessa specialstockar samtidigt som man skotade bort virket från kraftledningsgatan för att slippa trängas och vänta på truckarna och maskinerna som höll på att bygga den nya vägen och kraftledningen.

Vad finns det för förbättringspotentialer till framtida kompensationsprojekt? / vilka saker kan och bör utvecklas till framtida kompensationsprojekt?

Har haft en mellanstor rundad grip på skotaren vid detta projekt vilket har gjort att det är svårt att bara ta en stock i taget utan att skada stocken eller stockarna bredvid. Det har varit extra svårt när man har haft jämnstora stockar så att det har blivit ett "plant lass". Tror att det skulle fungera bättre med en mindre rakare och spetsigare grip för att lättare bara kunna ta en stock i taget (de använder sådana gripar på separatlastare i Kanada).

Snitsla vart stockarna är någonstans med en pinne som sedan kan brytas av med kranen för att man inte ska bli lurad att det finns stockar kvar där sen.

En skogsarbetare planerar och avverkat vägar/slingor fram till stockarna innan skotaren hunnit komma dit. Om man gör det så går det fortare och man skulle spara väldigt mycket tid eftersom skotaren inte behöver stå och vänta på att skogsarbetaren ska avverka och maskinföraren behöver inte gå ut och fälla själv.

Större och ”renare” avlägg för att kunna bredda högarna och rummet mellan högarna så att de inte rullar och blandas ihop för oftast var det svårt att se skillnad på de olika sortimenten när det har lossnat något snitselband. Avlägget skulle planerats och strukturerats upp innan med vart de olika sortiment som skulle placeras för att inte samma sortiment skulle läggas på flera olika ställen. Skulle vara bra att ha en med sig en människa utanför maskinen hela tiden som kan hjälpa till att dra fram stockar på dåliga ställen.

Scania R440 föraren

Hur har du upplevt arbetet med ekologisk kompensation?

Tycker att det har varit roligt och trevligt, men har varit lite annorlunda.

Vad har varit annorlunda jämfört med ditt vanliga arbete? Arbetsmetoder, tidsåtgång m.m.

Har gått lite lugnare och långsammare än vanligt arbete annars samma sak. Det är sällan man behöver flytta lastbilen så mycket under lassningen och lossningen men det kan hända vid specialsortiment och när man ska samla upp små snuttar lite här och där.

Vilket moment har tagit mest tid?

Lastningen har tagit längs tid när man behövde hålla räkningen på hur många stockar som har lastat av varje sortiment samt flytta mycket eftersom samma sortiment kunde ligga på flera ställen.

Vad har fungerat bra och vad har fungerat mindre bra under hela arbetet? Informationskedjan, arbetsmetodiken m.m.

Tycker att allting har fungerat bra.

Vad finns det för förbättringspotentialer till framtida kompensationsprojekt? / vilka saker kan och bör utvecklas till framtida kompensationsprojekt?

Det skulle vara bra om man försökte få alla stockar av samma sortiment att ligga på ett och samma ställe på avlägget. Skulle vara bra att försöka lägga sortimenten så att det ligger i en bra och naturlig ordning på avläggen. Exempelvis att börja med att lägga de hårda naturvärdesträden först och de intermediära lågorna sist. Det skulle underlätta eftersom då behövs det inte köras fram och tillbaka för att först lasta de hårda stockarna underst och de mjukare lågorna överst. På det bortre avlägget skulle det vara bra om stockarna skulle kunna lagts längre ner mot stora vägen för att inte behöva baka upp för det dåliga avlägget, hade underlättat om stockarna kunde nås från slingertransportvägen.

Terri ATD föraren

Hur har du upplevt arbetet med ekologisk kompensation?

Har varit trevligt att arbeta med detta projekt men det har varit lite baklänges och konstigt samtidigt.

Vad har varit annorlunda jämfört med ditt vanliga arbete? Arbetsmetoder, tidsåtgång m.m.

Det har varit baklänges att köra ut ved i skogen istället för att köra ut ved från skogen.

Vilket moment har tagit mest tid?

Lossningen eftersom stockarna skulle placeras på rätt ställe samtidigt som det skulle köras så lite som möjligt i provytorna.

Vad har fungerat bra och vad har fungerat mindre bra under hela arbetet? Informationskedjan, arbetsmetodiken m.m.

Har fungerat bra överlag, det var bara att börja lasta sedan flöt det på. Det gick bättre och bättre hela tiden när man började komma in i betäckningarna m.m. Var mycket bra att vara innan och leta och avverkat vägar fram till alla utläggningsytor. Göra en basväg och sedan vidare till alla ytor från basvägen. Det gick jättebra att köra ut virket fast det kom 20-25 cm snö, det blev mycket lättare att köra då istället för på barmark för då får man bättre fäste än på frusen mark, då slirar man bara. Det börjar bli jobbigt när det är upp mot 50 cm snö för då kan det börja slira och då måste man trampa vägar innan man kan börja köra och det blir väldigt besvärligt att ta sig fram om det är kuperad terräng.

Vad finns det för förbättringspotentialer till framtida kompensationsprojekt? / vilka saker kan och bör utvecklas till framtida kompensationsprojekt?

Vet inte riktigt, skulle fått färdiga listor innan med antal stockar som skulle till varje yta för att kunna köra själv och pricka av eftersom man körde. Det hade varit smidigare och den andra personen hade inte behövt följa skotaren hela tiden.